



*Dokt. Schiele
1983*



Bundesanstalt für
Arbeitsschutz und
Unfallforschung
Dortmund

R. Schiele

Streß am Arbeitsplatz Labor- und Feldunter- suchungen zur Beanspruchungsanalyse mit biochemischen Methoden

Medizinische
Habilitationsschrift
Erlangen

Forschungsbericht Nr. 339



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Institut für Arbeits- und Sozial-Medizin
und der Poliklinik für Berufskrankheiten
der Universität Erlangen-Nürnberg
(Direktor: Professor Dr. med. H. Valentin)

STRESS AM ARBEITSPLATZ

Labor- und Felduntersuchungen zur Beanspruchungsanalyse
mit biochemischen Methoden

R. Schiele

Als Habilitationsschrift gedruckt
mit der Erlaubnis der Medizinischen Fakultät
der Universität Erlangen - Nürnberg

Bearbeiter: Dr. med. habil. Rainer Schiele
Institut für Arbeits- und Sozial-Medizin
und Poliklinik für Berufskrankheiten
der Universität Erlangen-Nürnberg

Herausgeber: Bundesanstalt für Arbeitsschutz
und Unfallforschung
Postfach 17 02 02
4600 Dortmund 17

Druck und Verlag: Wirtschaftsverlag NW
Verlag für neue Wissenschaft GmbH
Postfach 10 11 10
2850 Bremerhaven 1
Telefon (0471) 46093 - 95

ISBN 3-88314-259-X

Danksagung:

Die Untersuchungen wurden mit freundlicher Unterstützung der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung, Dortmund durchgeführt.

Herrn Prof. Dr. H.Valentin danke ich für die stets wohlwollende Förderung der Arbeit und zahlreiche kritische Hinweise.

Für ständige wertvolle Anregungen und Hilfen bin ich vor allem Herrn Dr.rer.nat. K.Goßler, Herrn Dipl.-Ing. K.-H. Schaller und Herrn Dipl.-Phys. D.Weltle und vielen weiteren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Instituts zu großem Dank verpflichtet.

Dank gebührt schließlich auch den Direktoren, Betriebsärzten und Betriebsräten der Firmen, die die Durchführung der Arbeitsplatzuntersuchungen ermöglicht und unterstützt haben.

Zusammenfassung:

Durch die Industrialisierung ist es zu einer Verminderung körperlicher und einer Erhöhung psychisch-geistiger Arbeitsbelastungen gekommen. Letztere wird häufig als "Stress" bezeichnet. Die möglichen krankmachenden Wirkungen von psychischem Streß sind umstritten. Ziel der Arbeit war es, die Auswirkungen verschiedener realer und in Laborversuchen simulierter Arbeitsbelastungen auf den Menschen mit Hilfe von biochemischen Parametern zu objektivieren und zu quantifizieren. Als Meßgrößen fanden die Catecholamine Adrenalin und Noradrenalin im Plasma und im Urin sowie ACTH, Cortisol und cAMP im Plasma Verwendung. Zum Vergleich wurden Befragungen der Probanden zu ihrer subjektiven Beanspruchung vorgenommen und zum Teil die Herzschlagfrequenzen gemessen. Als starke psychische Belastung diente eine ärztliche Vorprüfung und als körperliche Belastung ein Langstreckenmarsch von Soldaten. Als charakteristische Einflüsse moderner Arbeitsplätze wurden Lärm-, Fließband- und Wechselschichtarbeit untersucht. Sowohl psychische als auch physische Beanspruchungen verursachen Anstiege der verschiedenen Parameter. Eine Differenzierung unterschiedlicher Beanspruchungsqualitäten erscheint nur bei starken Intensitäten möglich. Die gewohnte tägliche Arbeit führt auch unter ungünstigen Bedingungen zu keiner Erhöhung der biochemischen Parameter. Hingegen können Blutentnahmen allein deutliche Zunahmen bewirken. Aus physiologischen und methodischen Gründen sind die Catecholamine Adrenalin und Noradrenalin im Urin und das cAMP im Plasma die am geeignetsten biochemischen Stress-Parameter.

Schlüsselwörter: Belastung - Beanspruchung - Stress -
Arbeitsplatzeinwirkungen -
biochemische Stressparameter.

Stress at Work - Laboratory and Field Studies on the Analysis of Strain by Biochemical Methods

Summary:

Industrialization caused a decrease of the physical and an increase of the psychological, mental and emotional, work load. Especially the latter often is designated as "stress". The possibly ill-determining effects of psychological stress are still controversial. The object of this investigation was to measure the effects of various work loads - real or simulated in the laboratory - by means of some biochemical parameters. For this purpose the catecholamines adrenaline and nordadrenaline in plasma and urine and also ACTH, cortisol and cyclic AMP in plasma were used. The results were compared with the subjective strain of the participants and partly also with the measured heart-rates. As an intensive psychological stress was used a previous examination of medical students, and as a physical stress a long distance march of soldiers. As characteristic influences of modern occupations work under noise, work at an assembly line and shift-work were studied. Physical as well as psychological strains cause increases of the various biochemical parameters. A separation between different qualities of strain seems to be possible only in case of great intensities. The usual daily work does not cause increases of the biochemical parameters also under relatively unfavourable conditions. On the contrary blood-withdrawal alone can cause significant increases of the biochemical parameters. From the analytical and physiological viewpoint the catecholamines adrenaline and noradrenaline in urine and the cAMP in plasma seem to be the best parameters of strain.

Key-Words: stress - strain - occupational stress -
biochemical stress-parameters



Le phénomène du stress au lieu de travail -
Reserches en laboratoire et sur le terrain à l'aide de
méthodes biochimiques

Résumé

L'industrialisation a diminué la charge physique et augmenté surtout les contraintes physiques et mentales. Souvent on appelle ce phénomène stress. On discute toujours le rôle du stress psychique comme cause de maladies. Le but de cette étude était d'objectiver et de quantifier les effets de différentes contraintes réelles et simulées en laboratoire sur l'homme à l'aide de paramètres biochimiques. On a dosé les catécholamines adrénaline et noradrénaline du plasma et de l'urine, ainsi que l'ACTH, le cortisol, le AMP cyclique du plasma. On a comparé ces résultats avec les réponses des personnes testées après leur effort et avec leur rythme cardiaque pour certains. Pour analyser l'effort psychique on a examiné des étudiants en médecine après l'examen de fin de premier cycle et pour analyser l'effort physique on a observé des soldats après une marche de longue distance. On a enfin examiné des personnes qui travaillent à la chaîne, dans les halls bruyants ou encore en travail par roulement. Des contraintes psychiques ainsi que physiques provoquent une augmentation des différents paramètres. Il ne semble possible de différencier le stress physique du stress psychique que dans les cas d'effort très intense. Même sous des conditions peu favorables le travail habituel ne mène pas à une augmentation des paramètres biochimiques. Parcontre des prises de sang à elles seules peuvent causer des augmentation considérables. Pour des raisons physiologiques et méthodiques les catécholamines, adrénaline et noradrénaline dans l'urine et le cAMP dans le plasma sont les meilleurs paramètres du stress.

Mots-clés: charge - effort - stress - influence du lieu
de travail - paramètres biochimiques du stress.

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

	<u>Seite</u>
1. EINLEITUNG	1
2. UNTERSUCHUNGEN UND KOLLEKTIVE	8
2.1. Laborversuch mit 10 Studenten	8
2.2. Laborversuch und Examensuntersuchung mit 25 Studenten	11
2.3. Felduntersuchung von 32 Bundeswehrsoldaten vor und nach einem Langstreckenmarsch	13
2.4. Felduntersuchung von 33 Arbeitern eines Stahlröhrenwerks mit und ohne Gehörschutz	13
2.5. Felduntersuchung von 35 Arbeiterinnen in der Elektroindustrie an 2 Arten von Fließbändern mit und ohne Blutentnahmen	13
2.6. Felduntersuchung von 7 Wechselschichtarbeitern in der Nacht- und Frühschicht im Vergleich zu 10 Tagarbeitern	14
3. METHODEN	15
3.1. Gewinnung und Lagerung des Probenmaterials	17
3.2. Analysenverfahren für die biochemischen Meßgrößen	18
3.2.1. Adrenalin und Noradrenalin im Urin	20
3.2.2. Adrenalin und Noradrenalin im Plasma	20
3.2.3. Zyklisches Adenosin-3',5'-monophosphat (cAMP) im Plasma	21
3.2.4. Adrenocorticotropes Hormon (ACTH) im Plasma	21
3.2.5. Cortisol im Plasma	22
3.3. Physiologische Meßgrößen (Herzschlagfrequenz, EKG)	23
3.4. Befragung der Probanden	23
3.5. Statistische Analysen	24
4. ERGEBNISSE	26
4.1. Biochemische Beanspruchungsparameter	26
4.1.1. Adrenalin im Urin	26
4.1.2. Noradrenalin im Urin	33
4.1.3. Adrenalin im Plasma	40
4.1.4. Noradrenalin im Plasma	44
4.1.5. cAMP im Plasma	50
4.1.6. ACTH im Plasma	57
4.1.7. Cortisol im Plasma	63

	<u>Seite</u>
4.2. Physiologische Beanspruchungsparameter (Herzschlagfrequenz, EKG)	69
4.3. Subjektive Beanspruchung	71
4.4. Außerberufliche Einwirkungen	73
4.5. Korrelationen zwischen Untersuchungsparametern	75
5. DISKUSSION	76
5.1. Differenzierung der vermuteten Beanspruchungen in den durchgeführten Studien	77
5.1.1. Reaktionsmuster bei physischen Beanspruchungen	79
5.1.2. Reaktionsmuster bei mentalen Beanspruchungen	80
5.1.3. Reaktionsmuster bei emotionalen Beanspruchungen	80
5.1.4. Relation der Catecholamine bei unterschiedlichen Beanspruchungen	80
5.1.5. Verhalten der Herzschlagfrequenz bei verschiedenen Beanspruchungen	82
5.2. Kriterien für die Wahl der Beanspruchungsparameter und des Probenmaterials	83
5.2.1. Abschätzung der Validität der Beanspruchungsparameter	83
5.2.2. Zirkadiane Rhythmik der biochemischen Beanspruchungsparameter	85
5.2.3. Zeitlicher Zusammenhang zwischen Belastungen und Beanspruchungsreaktionen	86
5.2.4. Vergleich von Plasma- und Urinanalysen	87
5.2.5. Zusammenfassende Bewertung	89
5.3. Normalwerte und Grenzwerte	90
5.4. Diskussion der Arbeitsplatzuntersuchungen	91
5.4.1. Berufliche Lärmeinwirkung	92
5.4.2. Fließbandarbeit	93
5.4.3. Wechselschichtarbeit	94
5.5. Außerberufliche Einwirkungen und subjektive Beanspruchung	96
5.6. Ausblicke	98
6. ZUSAMMENFASSUNG	99
7. LITERATURVERZEICHNIS	102
8. ANHANG	116
I. Statistische Einzelergebnisse (8.1. - 8.6.)	116
II. Fragebogen	134

1. E I N L E I T U N G

Mechanisierung, Motorisierung und Automation haben in den letzten Jahrzehnten zu einem Abbau der körperlichen Arbeitsbelastung in vielen Bereichen der modernen Arbeitswelt geführt. Demgegenüber sind die gestellten Anforderungen im Hinblick auf das zu erbringende Arbeitspensum nach allgemeiner Auffassung z.T. erheblich gestiegen. Damit einher geht oft auch ein höheres Maß an Verantwortung für Mitarbeiter, Produktionsmittel und Güter. Viele Tätigkeiten müssen unter Zeitdruck oder zu ungünstigen Arbeitszeiten, insbesondere in Akkord-, Schicht- und Nachtarbeit, verrichtet werden. Schlechtes "Betriebsklima", Konkurrenzkampf und Unzufriedenheit mit der Arbeit sowie die Angst um den Verlust des Arbeitsplatzes sind weitere wichtige Faktoren, die zu einer Erhöhung der psychischen Belastung des Menschen durch seine Arbeit beitragen können. Ferner sind hier die Mehrfachbelastung der Frau durch Haushalt, Familie und Beruf sowie die oft ungenügend zu Erholungszwecken genutzte Freizeit zu nennen. Besondere psychische Belastungsfaktoren können aber auch geistig unterfordernde "monotone" Arbeiten, wie z.B. Fließband- und Überwachungstätigkeiten, darstellen (VALENTIN u. ESSING 1974, GRANDJEAN 1979, STRASSER 1982).

Wie der Mensch die an ihn gestellten Anforderungen verarbeitet, hängt neben Qualität, Intensität und Dauer der Belastungen vor allem auch von seinen individuellen Voraussetzungen für die zu erbringenden Leistungen, d.h. seinen angeborenen und erworbenen Fähigkeiten und Fertigkeiten auf den verschiedensten Gebieten, ab. Nicht jede sogenannte "Überbelastung" führt daher notwendigerweise zu einer "Überbeanspruchung". Aus diesem Grund sollte in der Diskussion um außergewöhnliche Belastungen der zwar sehr populäre, aber unscharf und unterschiedlich definierte Begriff "Streß" vermieden werden, weil dieser sowohl in der Bedeutung einer Belastung als auch einer Beanspruchung bzw. Überbeanspruchung verwendet wird (RUTENFRANZ 1976, SCHIELE u. Mitarb. 1978, BARTHOLOMEYCZIK 1979, STRASSER 1982).

In der Arbeitsmedizin wird das neutrale Belastungs-Beanspruchungs-Konzept (engl. stress-strain) bevorzugt, das keine pathogenen Wirkungen präjudiziert (Abb.1).

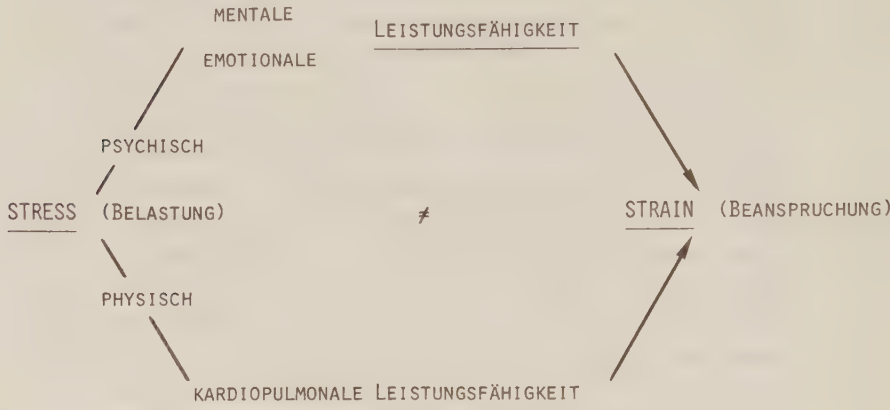


Abb.1: Belastungs-Beanspruchungs-Konzept (nach RUTENFRANZ 1976)

Da psychische Belastungen und psychische Leistungsfähigkeit selbst kaum exakt quantifizierbar sind, ist man auf Meßverfahren für die psychische Beanspruchung angewiesen. Ihr Einsatz kann den Arbeitnehmer zum einen vor Überbeanspruchungen und deren evtl. krankmachenden Folgen bewahren und zum anderen dabei helfen, den richtigen Menschen an den für ihn geeigneten Arbeitsplatz zu stellen. Nicht zuletzt sollten die Möglichkeiten zur objektiven Beanspruchungsermittlung auch zu einer Versachlichung der derzeitigen kontroversen Diskussion über die Bedeutung des "Streß am Arbeitsplatz" beitragen.

Besondere Belastungen rufen im menschlichen Körper psychische, physiologisch-vegetative und biochemisch-hormonelle Anpassungsreaktionen hervor. Zur Beanspruchungsanalyse stehen daher im wesentlichen folgende Verfahren zur Verfügung:

1. Die Befragung von Probanden hinsichtlich ihres Beanspruchungserlebnisses, z.B. mittels eines detaillierten Fragebogens. Dieses insbesondere in der Psychologie und den Sozialwissenschaften gebräuchliche Verfahren ist allerdings von fraglicher Objektivität und wird zumindest teilweise durch die subjektive Einschätzung von Belastungsstärke und -dauer beeinflusst (ULMER 1976). Als Vorteile sind aber der verhältnismäßig geringe finanzielle und personelle Aufwand für Befragungen sowie die Möglichkeit retrospektiver Erhebungen zu nennen. Letztere ist z.B. in der Skala lebensverändernder Ereignisse (life events) (RAHE 1968) realisiert, der ein prädiktiver Wert hinsichtlich des Risikos bestimmter "Stress-Krankheiten", insbesondere eines Herzinfarktes, zukommen soll. Befragungen sind in der Regel auch die einzige zur Verfügung stehende Methode, um Informationen über das Ursachenspektrum von Beanspruchungen, z.B. etwaiger außerberuflicher Beanspruchungskomponenten, zu erhalten.
2. Die Messung physiologischer Größen, wie z.B. der Herzschlagfrequenz oder des Elektromyogramms (SCHÄCKE 1976, STRASSER 1982). Diese Methoden sind von geringer Spezifität, vor allem im Hinblick auf überlagernde körperliche Beanspruchungen. Im Gegensatz zu den anderen Verfahren können Messungen physiologischer Parameter aber oft auch kontinuierlich durchgeführt werden. Außerdem stellt ihre Registrierung zumeist keine wesentliche zusätzliche Belastung des Probanden dar.
3. Die Analyse biochemischer Faktoren, z.B. der klassischen "Stresshormone" Adrenalin und Cortisol, in Körperflüssigkeiten. Diese erfordert aufwendige labor-diagnostische Verfahren. Der Aussagewert der Meßergebnisse im Hinblick auf die zugrundeliegenden Beanspruchungen ist noch umstritten.

Desweiteren können in Einzelfällen auch Leistungsanalysen und Fehlerregistrierungen zur Beanspruchungsermittlung herangezogen werden (SCHMIDTKE 1981, STRASSER 1982).

Bei den nachfolgend dargestellten Untersuchungen handelt es sich um die Fortsetzung früherer Arbeiten, in denen Beanspruchungen vor allem elektrokardiographisch (WOITOWITZ u. Mitarb. 1972a und b, SCHÄCKE 1976, SCHÄCKE u. Mitarb. 1977), z.T. aber auch schon mit einzelnen biochemischen Meßgrößen (VALENTIN u. Mitarb. 1965, LEHNERT u. MEININGER 1967, LEHNERT u. Mitarb. 1968, SCHÄCKE u. Mitarb. 1972 u. 1976) objektiviert worden waren. Der Schwerpunkt dieser Arbeit wurde auf verschiedene moderne biochemische Beanspruchungsgrößen gelegt. Ihre Auswahl erfolgte nach der Bedeutung der Faktoren in der biochemisch-hormonell vermittelten Beanspruchungsreaktion. Wie schon früher dargelegt (VALENTIN u. Mitarb. 1975), handelt es sich hierbei zum einen um die Catecholamine (Brenzkatechinamine) Adrenalin (A) und Noradrenalin (NA), also die Nebennierenmark-hormone und den Neurotransmitter der sympathischen Nervenendigungen. Zum anderen wurden das Nebennierenrindenhormon Cortisol (C) und das diesem übergeordnete Hypophysenhormon ACTH gemessen. Als weitere Größe wählten wir das zyklische Adenosin-3'-5'-Monophosphat (cAMP). Dies hatten wir aufgrund seiner Bedeutung als "second messenger" zahlreicher Hormonwirkungen (SUTHERLAND u. ROBISON 1966) schon frühzeitig als Globalparameter für verschiedene Beanspruchungen postuliert (VALENTIN u. Mitarb. 1975) (Abb.2).

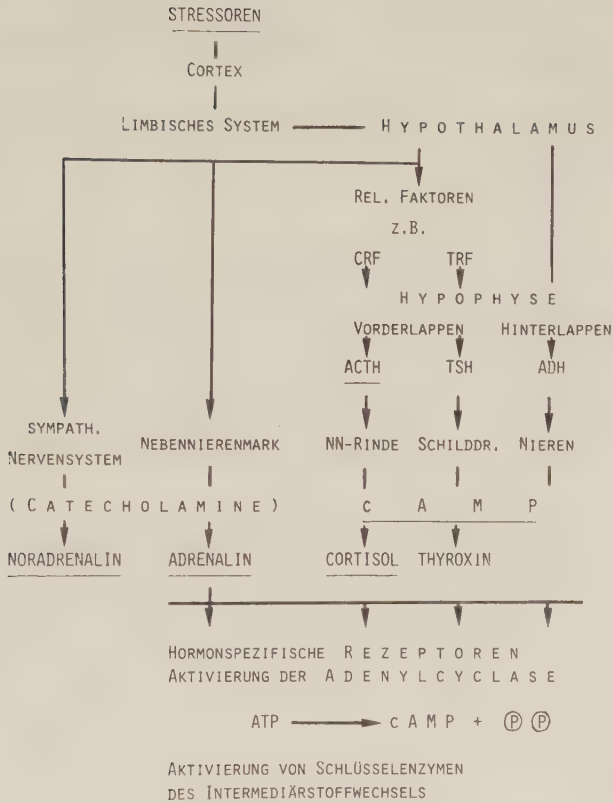


Abb. 2: Schematische Darstellung wichtiger biochemischer Beanspruchungsreaktionen (n. VALENTIN u. Mitarb. 1975)

Hauptziele dieser Arbeit waren:

1. Die genannten biochemischen Größen auf ihre Eignung hinsichtlich der Beanspruchungsermittlung zu untersuchen und zu vergleichen,
2. Möglichkeiten einer Differenzierung von physischen und psychischen Beanspruchungen zu prüfen, und
3. Erfahrungen mit den biochemischen Beanspruchungsparametern unter realen bzw. möglichst realitätsnahen Bedingungen zu gewinnen.

Dazu wurden mehrere Laborversuche und arbeitsmedizinische Feldstudien unter charakteristischen psychischen und physischen Belastungsbedingungen durchgeführt. Die untersuchten Situationen waren repräsentativ für viele moderne industrielle Arbeitsplätze. Über einen Teil der Ergebnisse haben wir schon früher berichtet (GOSSLER u. Mitarb. 1978, SCHIELE u. Mitarb. 1978, SCHIELE 1979 u. 1981, PONADER 1980, SCHÖLER 1982).

Nicht näher eingegangen werden kann im Rahmen dieser Arbeit auf die zahlreichen weiteren Aspekte des "Streßproblems" aus physiologischer, sportmedizinischer und klinischer sowie psychologischer, sozialmedizinischer und soziologischer Sicht. Diesbezüglich sei insbesondere auf die neueren Übersichten von SEYLE (1977 u. 1981), LEVI (1971, 1975 u. 1980), SCHMIDTKE (1981), STRASSER (1982), NITSCH (1981), HALHUBER (1977 u. 1978), HEIDBREder u. HEIDLAND (1981), v.EIFF (1976, 1978 u. 1980), LAZARUS (1966), SCHÄFER u. BLOHMKE (1977), COOPER (1981), KALIMO (1980), FRESE (1981), DEMBROWSKI u. HALHUBER (1981), SIEGRIST u. HALHUBER (1981) und CAPLAN u. Mitarb. (1982) verwiesen. Bei kritischer Durchsicht der zu diesem Thema vorliegenden Literatur stellt man allerdings fest, daß nur wenige Arbeiten exakten naturwissenschaftlichen Kriterien standhalten. Verbreitet sind hypothetische und spekulative Ansätze sowie Analogieschlüsse aus Tierversuchen. Auf Widersprüche in den von einigen Autoren behaupteten Zusammenhängen zwischen "Streß" und Arteriosklerose, Hypertonie sowie Magen- Darm-Erkrankungen haben unlängst HEYDEN (1978), HEIDBREder u. HEIDLAND (1982),

BARMEYER (1981) und REINICKE u. Mitarb. (1981) schlüssig hingewiesen. Zweifellos beruht ein Großteil der Unsicherheit in der medizinischen Beurteilung von chronischen Beanspruchungen auf meßtechnischen Problemen bei ihrer objektiven Erfassung. Die vorliegende Arbeit soll u. a. einen methodischen Beitrag zu deren Bewältigung leisten.

2. U N T E R S U C H U N G E N U N D K O L L E K T I V E

Wegen der möglichen Geschlechts- und Zyklus-Abhängigkeit der biochemischen Beanspruchungsreaktionen (FRANKENHÄUSER u. Mitarb. 1978, KALIMO u. Mitarb. 1981) haben wir -abgesehen von einer Ausnahme- nur Männer untersucht. Die Teilnahme an allen Studien erfolgte freiwillig. Als Anreiz für die Teilnahme und als Entschädigung für die durch die Untersuchungen verursachte Belästigung sowie den zusätzlichen Zeitaufwand wurden pro Versuchstag ca. DM 50.- gezahlt.

Einen Überblick über die durchgeführten Untersuchungen sowie einige persönliche Daten der Probanden in den einzelnen Kollektiven gibt die Tab. 1.

Um die Reaktion der Beanspruchungsparameter unter verschiedenen Belastungsstärken und -qualitäten zu erfassen, haben wir die folgenden Versuchsbedingungen gewählt:

2.1. Laborversuch mit 10 Studenten (SCHIELE u. Mitarb. 1978)

Zur Gewinnung von Vergleichswerten mußten die 10 Probanden am Vormittag des ersten Versuchstages zunächst für fünf Stunden Bettruhe einhalten. Stündlich erfolgten dann durch einen Venenkatheter (Abbocath^R) Blutentnahmen. Der vor und direkt nach dieser Ruheperiode gelassene Urin wurde gesammelt. Am 2. Versuchstag unterzogen sich die Probanden einem einfachen Rechentest (Addieren und Subtrahieren einstelliger Zahlen) im Takt eines Metronoms. Nach einer 30minütigen Übungsphase folgte eine 25minütige Testphase, bei der sich die Rechengeschwindigkeit in jeder Minute um eine Einheit erhöhte. Im Anschluß an eine einstündige Ruhepause wurde eine 23minütige Belastung auf einem Fahrradergometer durchgeführt. Ausgehend von einer Grundbelastung von 50 W steigerte sich die zu erbringende Leistung alle fünf Minuten um 50 W bis zu einer Belastungsstufe von 250 W. Der zeitliche Ablauf des Ruhe- und Belastungstages einschließlich der Zeitpunkte der Gewin-

Untersuchung	Belastung	Probanden n	Geschlecht	Alter (a) $\bar{x}$ (Bereich)	Besch.-dauer (a) $\bar{x}$ (Bereich)
1. Laborversuch	Rechentest Ergometrie	10	♂	25 (23-28)	Ø
2. Laborversuch	Aufmerksamkeitstest Sprachverzögerer ärztl. Vorprüfung	25	♂	22 (20-31)	Ø
Examen					
Langstreckenmarsch von Soldaten	25 km/ 3 h	32	♂	21 (19-23)	Ø
Röhrenwerk (Ziehen nahtloser Stahlrohre)	Lärm mit/ohne Gehörschutz	33	♂	37 (19-55)	18 (1-30)
Fließbandmontage in der Elektroindustrie	2 Bandarten mit/ ohne Blutentnahme	35	♀	25 (18-48)	3 (0,1-10)
Schichtarbeit in ei- ner Metallpresserei	Nacht-/Frühsschicht	7	♂	37 (20-50)	7 (0,7-18)
Vergleichsgruppe zu den Schichtarbeitern	Tagarbeit	16	♂	42 (30-61)	14 (1-21)

Tab. 1: Durchgeführte Untersuchungen, Stichprobenumfänge, Geschlecht, Alter und Beschäftigungszeiten der Probanden

nung der Blut- und Urinproben ist in der Abb. 3 dargestellt. Zur Elimination zirkadianer Einflüsse auf die biochemischen Beanspruchungsparameter haben wir die Ruhe- und Belastungsuntersuchungen zu gleichen Tageszeiten (von 9.00 bis 14.00 Uhr) durchgeführt.

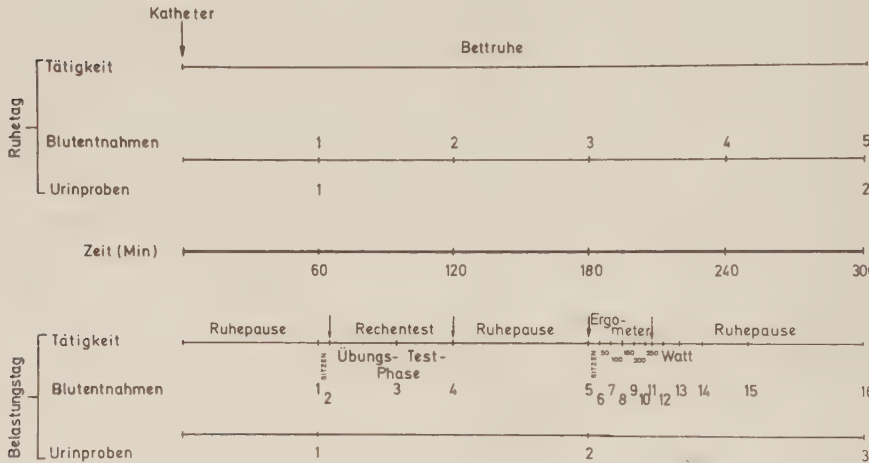


Abb. 3: Schematische Darstellung des Ablaufs des 1. Laborversuchs

2.2. Laborversuch mit 25 Medizinstudenten
1 bis 3 Wochen vor der ärztlichen Vor-
prüfung sowie direkt vor der Prüfung
und nach den beiden Prüfungstagen
(SCHIELE 1981, SCHÖLER 1982)

Der 1. Teil dieses Laborversuchs erfolgte am Aufmerksamkeits-
prüfgerät (APG 2) nach MÜLLER (1980) (Fa. ZAK, Simbach). Beim
sog. "Quadrat"-Test mußten die Probanden immer eine Taste drük-
ken, wenn von den neun weißen Lämpchen einer Tafel, die in ver-
schiedenen Konfigurationen aufleuchteten, vier benachbarte ein
Quadrat bildeten. Beim sog. "Farb"-Test war eine Taste zu betä-
tigen, wenn in einem Leuchtfeld, in dem die Farben gelb, grün,
blau und rot in gleichmäßigen Zeitabständen aber unregelmäßiger
Reihenfolge wechselten, die Farbfolge blau-gelb-rot erschien.
Quadrat-Test und Farb-Test wurden zweimal für je 5 Minuten
durchgeführt. Der Abstand der Lampen- bzw. der Farbsignale be-
trug beim ersten Mal 0,7 s, beim zweiten Mal 0,5 s.

Im 2. Teil des Laborversuchs mußten die Probanden zehn Minuten
lang schwierige Texte laut lesen. Dabei bekamen sie die eigene
Stimme verstärkt über Kopfhörer und mit einer Verzögerung von
150 ms durch einen Sprachverzögerer (Fa. ZAK, Simbach) wieder
zugespielt.

Dieselben Personen wurden dann ein bis drei Wochen nach dem La-
borversuch anlässlich der Ärztlichen Vorprüfung direkt vor der Prü-
fung sowie nach dem ersten und zweiten Prüfungstag noch einmal
hinsichtlich ihrer Beanspruchung untersucht. Die Laboruntersu-
chungen haben wir zur einen Hälfte zwischen 9.00 und 11.00, zur
anderen zwischen 14.00 und 16.00 Uhr durchgeführt. Das Examen
begann an beiden Tagen um 8.00 und endete um 12.00 Uhr. Der
zeitliche Ablauf der Studie mit den Entnahmezeiten von Blut
und Urin ist in der Abb. 4 dargestellt. In den am 2. Examens-
tag gewonnenen Urinproben erfolgte eine Screeninguntersuchung
vor allem auf Sedativa und Psychostimulantien mittels Dün-
nschichtchromatographie.*

* Für die freundliche Durchführung danken wir Herrn Prof. Dr. G. Machbert
vom Institut für Rechtsmedizin der Universität Erlangen-Nürnberg
(Direktor: Prof. Dr. H.-B. Wuermeling).

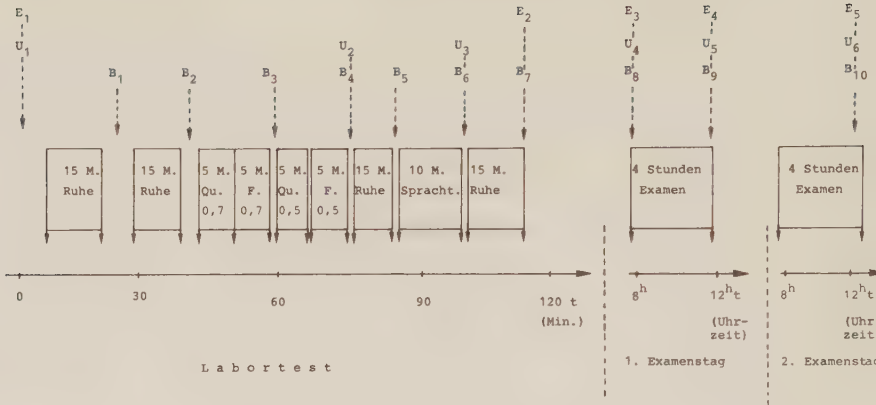


Abb. 4: Schematische Darstellung des Ablaufs des 2. Laborversuchs und der Examensuntersuchung; Zeichenerklärung: B = Blutentnahme, U= Urinabgabe, Qu = Quadrattest, F = Farbtest, M = Minuten, 0,7 = Reizfolge 0,7s, 0,5 = Reizfolge 0,5s, Spracht. = Sprachverzögerertest

2.3. Felduntersuchung von 32 Bundeswehresoldaten vor und nach einem Langstreckenmarsch (SCHIELE u. Mitarb. 1978, GOSSLER u. Mitarb. 1981)

32 Offiziersanwärter der Bundeswehr absolvierten in drei Stunden (von 7.30 bis 10.30 Uhr) einen Langstreckenmarsch über 25 km. Direkt vor und nach dem Marsch erfolgten Urinabgaben und Blutentnahmen.

2.4. Felduntersuchung von 33 Arbeitern eines Stahlröhrenwerkes mit und ohne Gehörschutz

33 Arbeiter eines Werkes für nahtlose Stahlrohre wurden im Abstand von drei Tagen während zwei Arbeitsschichten (von 6.00 Uhr bis 13.30 Uhr) untersucht. Die Schalldruckpegel(leq) an den Arbeitsplätzen lagen zwischen 96 und 111dB (A) im Mittel bei 105 dB (A). Am 1. Versuchstag (Montag) trugen die Probanden Kapselgehörschützer, am 2. Versuchstag (Mittwoch) nicht. Pro Versuchstag erfolgten fünf Blutentnahmen, direkt vor und nach der Arbeit sowie 2 und 3 1/2 Stunden nach Arbeitsbeginn und am Ende einer 1/2-stündigen Pause in Schichtmitte. Vor der Arbeit mußten Spontanurinproben abgegeben werden. Der während der Arbeitszeit gelassene Urin wurde in 2 Portionen über 4 und 3 1/2 Stunden gesammelt.

2.5. Felduntersuchung von 35 Arbeiterinnen in der Elektroindustrie an 2 Arten von Fließbändern mit und ohne Blutentnahmen

Die untersuchten 35 Frauen arbeiteten im Gruppenakkord in der Bestückung von Farbfernsehgeräte-Chassis. Dabei verrichteten sie an zwei verschiedenen Montagebändern die gleichen Tätigkeiten. 19 waren an einem sog. kontinuierlichen Band beschäftigt, an dem der Bandvorschub von den Einzelpersonen nicht beeinflussbar war. die übrigen 16 waren an einem sog. Stopper-

band tätig, bei dem die Bandgeschwindigkeit in gewissen Grenzen von den einzelnen Frauen selbst bestimmt werden konnte. Die Untersuchungen wurden an 2 Donnerstagen im Abstand von einer Woche durchgeführt. Direkt vor Arbeitsbeginn um 7.30 Uhr und nach Arbeitsende um 15.30 Uhr sowie vor der Mittagspause um 12.30 Uhr erfolgten Blutentnahmen. Vor dem Arbeitsbeginn mußten Spontanurinproben abgegeben werden. Der in der Arbeitszeit gelassene Urin wurde in 2 Portionen zunächst bis zur Mittagspause und dann bis zum Arbeitsende gesammelt. Am 2. Versuchstag wurden nur Urinproben gewonnen und keine Blutentnahmen vorgenommen.

2.6. Felduntersuchung von 7 Wechselschichtarbeitern im Vergleich zu 7 Tagarbeitern

Die Untersuchung erfolgte an insgesamt 23 Arbeitern der Abteilung Presserei-Kaltverformung eines metallverarbeitenden Betriebes, die dort überwiegend bereits mehrere Jahre beschäftigt waren. Die Wechselschichtarbeiter wurden jeweils in der 2. Wochenhälfte in einer Frühschicht (von 5.40 bis 13.40 Uhr) und einer Nachtschicht (von 21.40 bis 5.40 Uhr) untersucht. Zum Vergleich standen 16 Dauertagarbeiter zur Verfügung, die etwa zeitgleich (von 7.00 bis 15.30 Uhr) mit den Probanden der Frühschicht arbeiteten. Blutproben wurden jeweils bei Schichtbeginn und Schichtende sowie in der Schichtmitte gewonnen. Zu Schichtbeginn mußte eine Spontanurinprobe abgegeben werden. Den weiteren Urin haben wir in 2 Portionen bis zur Schichtmitte und dann bis zum Schichtende gesammelt.

3. M E T H O D E N

Als beanspruchungsbezogene biochemische Parameter dienten in allen Studien das Cortisol (C-P) und das zyklische Adenosin-3'-5'-Monophosphat im Plasma (cAMP-P) sowie die Catecholamine Adrenalin und Noradrenalin im Urin (A-U, NA-U). Bei den Felduntersuchungen wurde auch das adrenocorticotrope Hormon im Plasma (ACTH-P) analysiert. Im 1. Laborversuch erfolgten zusätzliche Bestimmungen von Noradrenalin im Plasma (NA-P), in der Studie der Schichtarbeiter und im 2. Laborversuch auch von Adrenalin im Plasma (A-P) (s. Kapitel 3.2.).

Als physiologische Beanspruchungsparameter konnten die Herzschlagfrequenz (HSF) bei der Examensuntersuchung sowie HSF und Elektrokardiogramm (EKG) bei den beiden Laborversuchen registriert werden (s. Kapitel 3.3.).

Die subjektive Beanspruchungsermittlung beschränkte sich bei allen Untersuchungen auf die direkte Befragung der Probanden bzw. die Exploration mittels Fragebogen (s. Kapitel 3.4.).

Die bei den verschiedenen Untersuchungen gemessenen Beanspruchungsparameter sind in der Tab. 2 zusammengestellt.

Parameter: Untersuchung	A - U	NA - U	A - P	NA - P	CAMP - P	ACTH-P	C-P	EKG (HSF)	Fragebogen
1. Labortest	+	+	Ø	+	+	+	+	+	+
2. Labortest u. Examen	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Langstreckenmarsch	+	+	Ø	+	+	Ø	+	Ø	Ø
Röhrenwerk	+	+	Ø	Ø	+	+	+	Ø	+
Fließbandmontage	+	+	+	+	+	+	+	Ø	+
Schichtarbeit u. Vergleichsgruppe	+	+	+	+	+	+	+	Ø	+

Tab. 2: Bei den verschiedenen Untersuchungen erfaßte Beanspruchungsparameter
(+ = durchgeführt, Ø = nicht durchgeführt)

3.1. Gewinnung und Lagerung des Probenmaterials für die biochemischen Parameter

Die Blutentnahmen wurden durch Punktion einer größeren Armvene vorgenommen. In den Laborversuchen konnten die mehrfachen Blutentnahmen über zuvor gelegte Teflon-Venenkatheter (Abbocath^R) erfolgen. Zum Offenhalten der Katheter dienten Infusionen isotonischer Lösungen. Bei den Feldversuchen verwendeten wir sterile Einmalbestecke. Jede Blutprobe umfaßte 10 ml. Das Blut wurde auf 2 mit Antikoagulantien und anderen erforderlichen Zusätzen vorbereitete Zentrifugenröhrchen verteilt, im Eisbad gekühlt und möglichst bald in einer Kühlzentrifuge zentrifugiert. Das Plasma haben wir abgezogen und bis zur Analyse bei -78°C tiefgefroren gelagert. Sofern keine sofortige Tiefkühlung möglich war, erfolgte der Transport des Blutplasmas im Eisbad. Die Aufteilung der Blutproben und die verwendeten Zusätze für die verschiedenen Analysen sind in der Abb. 5 schematisch dargestellt.

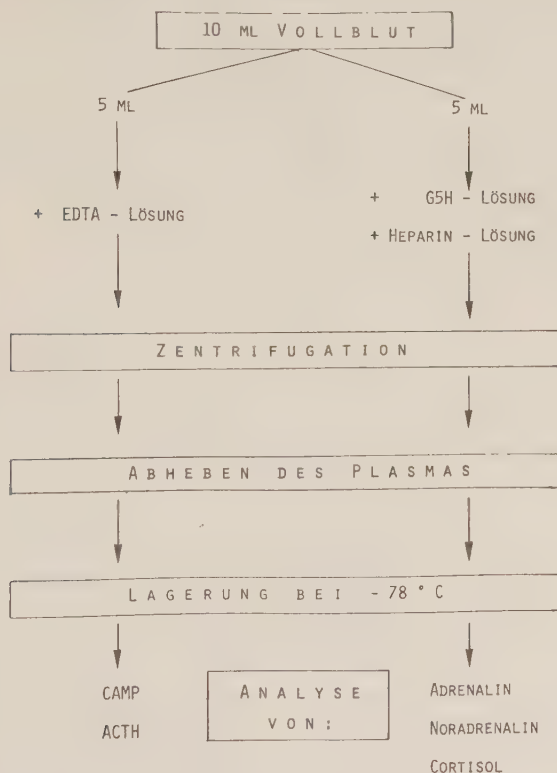


Abb. 5: Gewinnung, Aufteilung und Lagerung der Blutproben

Zur Sammlung der Urinproben dienten dunkle Polyethylenflaschen, in denen zur Stabilisierung der Catecholamine einige ml Essigsäure oder Schwefelsäure vorgelegt waren. Nach Registrierung des Urinvolumens haben wir 10 ml-Aliquote der Urinprobe bis zur Analyse tiefgefroren. Aus einem weiteren Aliquot wurde sofort die Kreatinin-Konzentration der Urinprobe als Korrekturgröße für Diurese-Unterschiede nach der JAFFE-Reaktion (FOLIN 1914) gemessen.

3.2. Analysenverfahren für die bio- chemischen Meßgrößen

Nachfolgend können nur die Prinzipien der einzelnen Analysenverfahren dargestellt werden. Weitere Hinweise zu den eingesetzten Methoden sind der Tab. 3 und den Literaturangaben in den Kapiteln 3.2.1. - 3.2.5. zu entnehmen.

Analyseparameter	Untersuchungs- material	Meßverfahren	Meßprinzip	Variationskoeffizient in der Serie	Literatur	Jahr
Adrenocorticotropes Hormon	Plasma	radiochemisch	Radioimmunoassay	9 %	BERSON u. YALOW	1968
Cortisol	Plasma	radiochemisch	kompetitive Proteinbindung	9,8 %	VERMEULEN	1975
zyklisches Adenosin-3'-5'-monophosphat	Plasma	radiochemisch	kompetitive Proteinbindung	6,4 %	GILMAN TOVEY et al.	1970 1974
Adrenalin Noradrenalin	Plasma	radiochemisch	Radioreagenz- methode	5 % 3 %	MÜLLER GOSSLER	1978 1980
Kreatinin	Urin	photometrisch	Farbreaktion	2 %	FOLIN	1914
Adrenalin Noradrenalin	Urin	hochdruckflüssigkeitschromatographisch	Spektralfluorimetrie	8 % 6 %	SCHIELE et al. GOSSLER u. SCHALLER	1978 1978

Tab. 3: Zusammenstellung der verwendeten Analysenverfahren

3.2.1. Adrenalin und Noradrenalin im Urin

Die Catecholamine wurden aus 10 ml alkalisiertem Urin an 1 g aktiviertes Aluminiumoxid adsorbiert und nach mehreren Reinigungsschritten mit Perchlorsäure wieder desorbiert. Die Trennung von Adrenalin und Noradrenalin führten wir mit der Hochdruck-Flüssigkeits-Chromatographie (Micromeritics Modell 7000, Fa. Coulter Electronics) auf Reversed Phase-Material (C_{18} , 5 μ m, Fa. Macherey, Nagel & Co.) durch. Als mobile Phase diente Ameisensäure (0,2 mol/l). Die spektral-fluorimetrische Messung (SFM 22, Fa. Kontron bzw. Spectro-fluo JY 3, Fa. Instruments S.A.) erfolgte bei einer Anregungswellenlänge von 275 nm und einer Sekundärstrahlung von 317 nm in der Durchflußküvette. Die Auswertung wurde mit Hilfe von Additionseichkurven vorgenommen. Methodische Einzelheiten enthalten die Arbeiten von GOSSLER u. SCHALLER (1978) und GOSSLER (1980).

Bei einem Teil der Untersuchungen (1. Laborversuch, Langstreckenmarsch) haben wir die Catecholamine im Urin mit der Ionenaustauscher-Chromatographie getrennt und nach Oxidation zu den betreffenden Adrenochromen ebenfalls fluorimetrisch gemessen (Testkit der Fa. Bio Rad). Die Methode ist bei SCHIELE u. Mitarb. (1978) ausführlich beschrieben.

3.2.2. Adrenalin und Noradrenalin im Plasma

Die Messung der Plasma-Catecholamine nahmen wir radioenzymatisch vor. Unter Verwendung des Tritium-markierten Substrates S-Adenosyl-L-Methionin (3 H-SAM) wurden Adrenalin und Noradrenalin mit Hilfe der Catechol-O-Methyl-Transferase (COMT) zu 3 H-markiertem Metanephrin und Normetanephrin umgesetzt. Nach mehreren Reinigungsschritten erfolgte die Trennung mit der Hochdruck-Flüssigkeits-Chromatographie (HPLC). Die im Flüssigkeits-szintillationszähler gemessenen Aktivitäten sind den Konzentrationen von Adrenalin und Noradrenalin in der Probe proportional. Für die Auswertung verwendeten wir Additionseichkurven. Einzelheiten der Methode sind bei MÜLLER (1978) und GOSSLER (1980) beschrieben.

3.2.3. Zyklisches Adenosin-3'-5'-monophosphat (cAMP) im Plasma

Diese Bestimmung führten wir mit handelsüblichen radiochemischen Methoden der Firmen Boehringer Mannheim und Amersham-Buchler durch, die nach dem Prinzip der kompetitiven Proteinbindung ablaufen. Gemessen wurde die Konkurrenz von in der Probe vorhandenem mit zugefügtem Tritium-markierten cAMP um ein Bindungsprotein. Die Trennung erfolgte bei der Methode nach GILMAN (1970) durch Filtration, bei der Methode von TOVEY u. Mitarb. (1974) durch Adsorption an Aktivkohle. Die im Szintillationszähler gemessene Aktivität des cAMP-Protein-Komplexes ist umgekehrt proportional zu dem cAMP-Gehalt der Probe. Die Auswertung haben wir über Additionseichkurven vorgenommen (v. IMHOFF 1976, VALENTIN u. Mitarb. 1977, SCHIELE u. Mitarb. 1978).

3.2.4. Adrenocorticotropes Hormon (ACTH) im Plasma

Für die Bestimmung von ACTH im Plasma verwendeten wir einen kommerziell erhältlichen Radioimmunoassay (RIA) der Fa. Isotopendienst West GmbH. Hierbei wurde die Konkurrenz zwischen in der Probe befindlichem und zugefügtem ^{125}J -markierten ACTH um einen gegen ACTH gerichteten Antikörper zur Quantifizierung ausgenutzt. Bei der Trennung mit Hilfe von Aktivkohle bleibt das Antikörper-gebundene ACTH in Lösung, das ungebundene ACTH wird adsorbiert. Die Radioaktivität der Lösung ist der ACTH-Konzentration in der Probe umgekehrt proportional. Die quantitative Auswertung geschah über Additionseichkurven (BERSON u. YALOW (1968)).

3.2.5. Cortisol im Plasma

Die Cortisol-Bestimmung führten wir ebenfalls nach dem Prinzip der kompetitiven Proteinbindung durch. Zunächst wurde Cortisol mit Dichlormethan aus den Proben extrahiert. Anschließend erfolgte eine Inkubation mit radioaktiv markiertem Cortisol und dem Cortisol-bindenden Protein (Transcortin). Hierbei konkurrierte das Cortisol aus der Probe mit dem zugesetzten radioaktiv markierten Cortisol um das Bindungsprotein. Die Trennung des freien vom Protein-gebundenen Cortisol haben wir mit einer Dextran-Kohle-Suspension vorgenommen. Die im Szintillationszähler gemessene Radioaktivität des in Lösung verbleibenden Cortisol-Protein-Komplexes ist der Konzentration in der Probe umgekehrt proportional. Ausführliche Arbeitsvorschriften für die Cortisol-Analyse finden sich bei LECLERQUE u. Mitarb. 1968, VERMEULEN 1975, VALENTIN u. Mitarb. 1977, SCHIELE u. Mitarb. 1978).

3.3. Physiologische Methoden (EKG, Herzschlagfrequenz)

In beiden Laborversuchen wurde das Elektrokardiogramm über unipolare Brustwandableitungen (entsprechend Nehb A) mit Klebeelektroden abgeleitet und radiotelemetrisch auf eine Empfangsanlage mit Monitor, Frequenzanzeige und -schreiber sowie ein Einkanal-EKG-Gerät (Programm 19, Fa. Hellige & Co., Freiburg i. Br.) übertragen. Die Zeitkonstante betrug 6 s. Methodische Einzelheiten sind bei SCHÄCKE (1976) beschrieben.

3.4. Befragung der Versuchspersonen

In allen Studien erfolgte eine Befragung der Probanden zu ihrer subjektiven Einschätzung der Beanspruchung durch die gestellten Aufgaben. Außerdem wurden etwaige besondere außerberufliche Beanspruchungen, z.B. durch Familie und Haushalt, erfaßt. Dies geschah in Anlehnung an die BORGschen Skalen (BORG 1970), die auf fünf Stufen (sehr leicht, leicht, anstrengend, schwer, sehr schwer) reduziert wurden. Zur Identifizierung etwaiger anderweitiger wesentlicher Einflußfaktoren haben wir auch nach der Dauer des Weges zur Arbeitsstelle und der Art des verwendeten Verkehrsmittels, gesundheitlichen Beschwerden, Krankheiten und Medikamenteneinnahme gefragt sowie eine detaillierte Genußmitelanamnese (Kaffee, Tee, Nikotin und Alkohol) erhoben. Bei den Feldversuchen wurde hierzu ein Fragebogen verwendet (s. Anhang).

3.5. S t a t i s t i s c h e A n a l y s e n ^{*}

Die statistischen Auswertungen erfolgten an der Rechenanlage CYBER 173 des Rechenzentrums der Universität Erlangen-Nürnberg. Für alle Zeitpunkte der Probenahmen ("Phasen") der einzelnen Studien wurden zunächst die Verteilungen der Meßwerte überprüft. Da sie keine Normalverteilungen aufwiesen, wurden die Medianwerte und zentralen 66,6% - Bereiche zur Darstellung der Verläufe und Streuungen der untersuchten Größen herangezogen. Einzelverläufe konnten aus Gründen der Übersichtlichkeit nur exemplarisch dargestellt werden.

Die varianzanalytische Prüfung auf Unterschiede zwischen den Untersuchungsphasen im Verlauf ("intrakollektive Vergleiche") haben wir mit dem FRIEDMAN-Test für verbundene Stichproben vorgenommen. Zur Testung auf Unterschiede zwischen den einzelnen Phasen dienten die multiplen Vergleiche nach WILCOXON u. WILCOX. Die Ergebnisse zweier abhängiger Stichproben wurden mit dem Paardifferenzen-Test nach WILCOXON, zweier unabhängiger mit dem U-Test nach WILCOXON, MANN u. WHITNEY und mehrerer unabhängiger mit dem H-Test nach KRUSKAL u. WALLIS auf Unterschiede geprüft. Des weiteren erfolgten Prüfungen auf Beziehungen zwischen einzelnen Parametern mit der Rangkorrelationsanalyse nach SPEARMAN. Die eingesetzten statistischen Methoden sind bei SACHS (1978) beschrieben.

Die Untersuchung auf verschiedene außerhalb der Grundhypothesen liegende Faktoren, für die konkrete Hypothesen nicht formuliert werden konnten, geschah im Sinne der explorativen Datenanalyse (VICTOR 1980). Wegen der Vielzahl der vorzunehmen-

* Für die freundliche Unterstützung und Beratung bei der statistischen Auswertung danke ich Herrn Dipl.-Phys. D. Weltle (Institut für Arbeitsmedizin) und Herrn Dr.rer.nat. H. Prestele (Institut für Medizinische Statistik und Dokumentation der Universität Erlangen-Nürnberg, Direktor: Prof. Dr. L. Horbach) herzlich.

den Schichtungen des Datenmaterials in den relativ kleinen Kollektiven und der großen Zahl der durchgeführten Einzeltests bestand die Problematik multipler Tests. Hierbei sind Signifikanzaussagen naturgemäß schwerer zu treffen und keine strengen Maßstäbe an die Irrtumswahrscheinlichkeiten zu legen.

Die Ergebnisse der Einzeltests haben wir dann als bedeutsam (signifikant) bzw. "zahlenmäßig" auffällig angesehen, wenn die Irrtumswahrscheinlichkeiten unter 5 % ($p < 0,05$) betrugen.

4. ERGEBNISSE *

Zur besseren Vergleichbarkeit der verschiedenen Untersuchungen sind die Ergebnisse nach den Meßgrößen geordnet. Im Anschluß an die Darstellung der Ergebnisse der Einzeluntersuchungen werden jeweils die Resultate aller Studien gegenübergestellt.

4.1. Biochemische Beanspruchungsparameter

4.1.1. Adrenalin im Urin

Nach einem von v. EULER (1964) gemachten Vorschlag haben wir die Ausscheidungsmengen der Catecholamine Adrenalin und Noradrenalin mit dem Urin zur Korrektur von Diureseunterschieden auf die Kreatinin (K.)-Gehalte der Urinproben relativiert. Dies ist eine bewährte und praktikable Methode, um auch Spontanurinproben vor Test- bzw. Arbeitsbeginn als repräsentative Ausscheidungsgrößen heranziehen zu können (SZADKOWSKI u. Mitarb. 1971). Auf die Präsentation der in den meisten Studien ebenfalls berechneten Volumen- und Zeit-bezogenen Meßwerte der Catecholamin-Ausscheidung wurde verzichtet, da keine wesentlichen Abweichungen von den Kreatinin-bezogenen Daten bestanden.

Im 1. Laborversuch (Abb. 6) fand sich während der mentalen Belastung des Rechentests eine signifikante Erhöhung ($p < 0,01$) der Adrenalin-Ausscheidung gegenüber den Ausgangswerten. Zwischen den Ausgangs-Werten des Versuchs und den Ruhewerten derselben Probanden bestanden hingegen keine wesentlichen Unterschiede. Unter der Ergometerbelastung fielen die Ausscheidungsmengen der meisten Probanden wieder auf das Niveau der Ausgangs- bzw. Ruhewerte ab.

* Die Ergebnisse der statistischen Auswertungen sind vollständig im Anhang dargestellt.

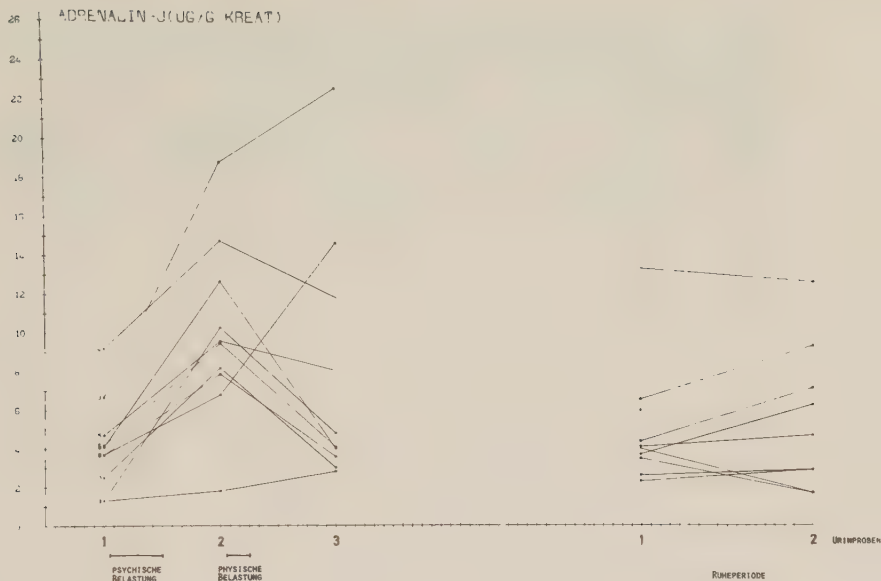


Abb. 6: Adrenalin-Ausscheidung ($\mu\text{g/g K.}$) unter Ruhebedingungen sowie mentalen (Rechentest) und physischen (Ergometer) Belastungen des 1. Laborversuchs

Im 2. Laborversuch (Abb. 7) waren sowohl nach den mentalen (M) als auch den emotionalen (E) Belastungen signifikante Erhöhungen ($p < 0,01$) der Adrenalin-Ausscheidung gegenüber den Ausgangswerten zu verzeichnen. Die Adrenalin-Ausscheidung vor dem Examen lag auf demselben Niveau wie am Ende des Labortests. Während des 1. und 2. Examenstages war hingegen nochmals ein signifikanter Anstieg ($p < 0,01$) der Adrenalin-Ausscheidung gegenüber allen Meßwerten im Laborversuch festzustellen.

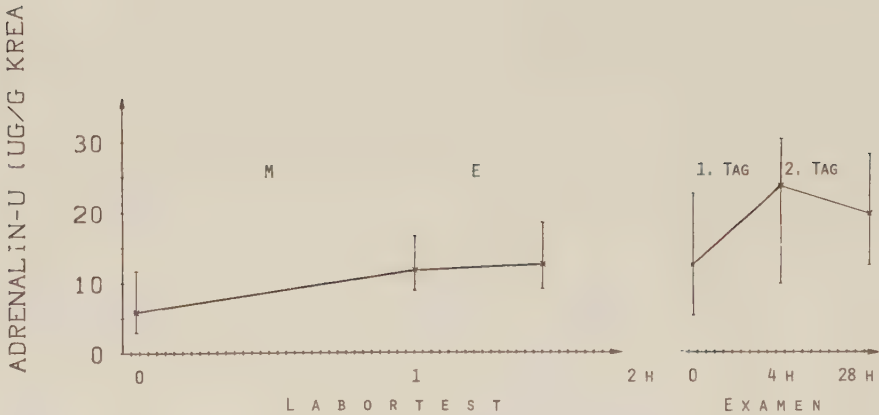


Abb. 7: Adrenalin-Ausscheidung ($\mu\text{g/g K.}$) (Mediane und zentrale 66,6%-Bereiche) unter den mentalen (M) und emotionalen (E) Belastungen des 2. Laborversuchs und des Examens

Der Langstreckenmarsch der Soldaten (Abb. 8) führte ebenfalls zu signifikanten Erhöhungen ($p < 0,001$) der Adrenalin-Ausscheidung.

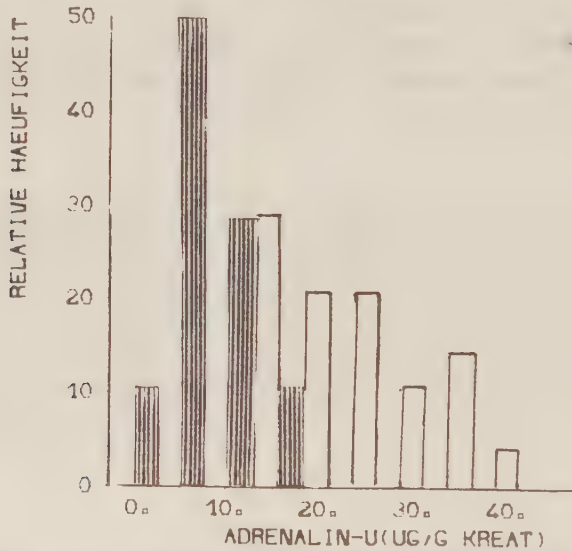


Abb. 8: Adrenalin-Ausscheidungen ($\mu\text{g/g K.}$) der Bundeswehrsoldaten (Häufigkeitsverteilungen) vor (schraffiert) und nach (unschraffiert) dem Leistungsmarsch

Bei den Arbeitern des Stahlröhrenwerkes (Abb. 9) lagen die Ausscheidungsmengen von Adrenalin am Tag ohne Gehörschutz (1) im Median nur geringfügig höher als am Tag mit Gehörschutz (2). Ein Unterschied war statistisch nicht zu sichern. An beiden Versuchstagen bestand außerdem ein signifikanter Anstieg ($p < 0,05 - 0,01$) der Adrenalin-Ausscheidung vom frühen Morgen bis zum Nachmittag.

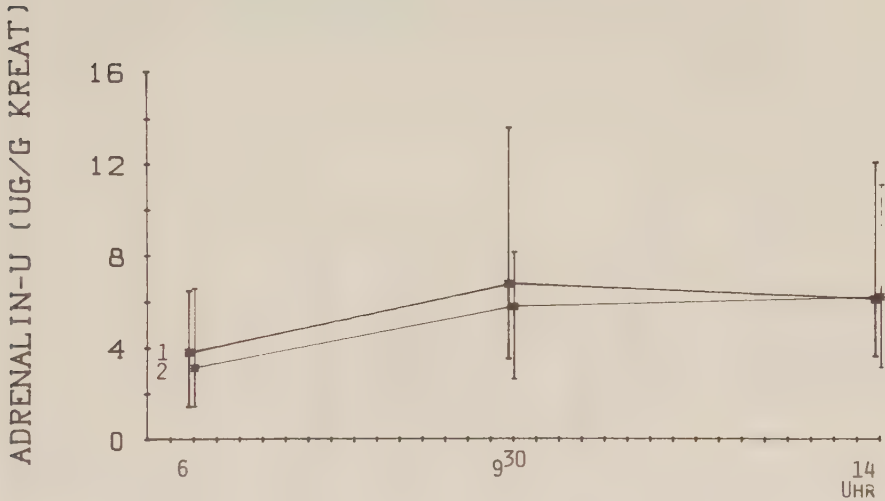


Abb. 9: Adrenalin-Ausscheidung ($\mu\text{g/g K.}$) der Arbeiter des Stahlröhrenwerkes (Mediane und zentrale 66,6%-Bereiche) ohne (1) und mit (2) Gehörschutz

Bei der Untersuchung der Fließbandarbeiterinnen (Abb. 10) fanden sich an beiden Versuchstagen am kontinuierlichen Band etwas höhere Medianwerte als am Stopperband. Statistisch konnte dieses Verhalten aber nicht gesichert werden. Am Tag mit Blutentnahme war die Adrenalin-Ausscheidung bis zur Schichtmitte in beiden Kollektiven signifikant ($p < 0,05$ bis $< 0,01$) höher als am Tag ohne Blutentnahme. Wie bei den Röhrenwerkarbeitern waren in beiden Teilkollektiven und an beiden Versuchstagen im Median geringe Anstiege der Adrenalin-Exkretion über den Arbeitstag zu verzeichnen. Diese erwiesen sich aber als nicht signifikant.

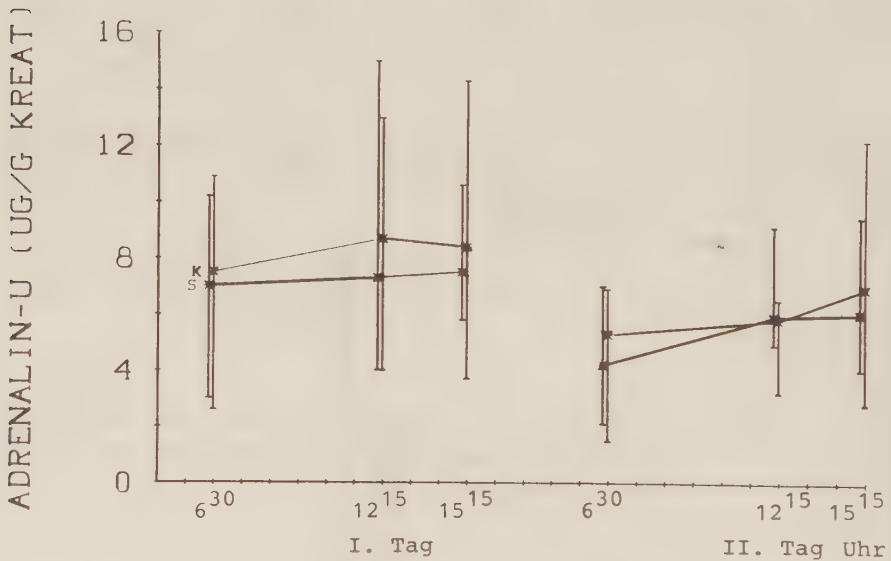


Abb. 10: Adrenalin-Ausscheidung ($\mu\text{g/g K.}$) (Mediane und zentrale 66,6%-Bereiche) der Fließbandarbeiterinnen mit (I) und ohne (II) Blutentnahmen am kontinuierlichen (K) und am Stopperband (S)

Die Adrenalin-Ausscheidungen der Wechselschichtarbeiter (Abb. 11) zeigten in der Früh- und Nachtschicht sowie im Vergleich zu den Tagarbeitern keine wesentlichen Unterschiede. Auch im Tagesverlauf waren innerhalb der einzelnen Gruppen keine wesentlichen Unterschiede zu sichern.



Abb. 11: Adrenalin-Ausscheidung ($\mu\text{g/g K.}$) (Mediane und zentrale 66,6%-Bereiche) der Wechselschichtarbeiter in der Früh (F) - und Nacht (N) - Schicht im Vergleich zu den Dauertagarbeitern (T)

Das Niveau der Adrenalin-Ausscheidungen (Abb. 12) lag bei den mentalen und emotionalen Belastungen des 1. und 2. Laborversuchs im Median um ca. das 2fache über den Ruhe- bzw. Ausgangswerten vor den Tests. Im Examen betrug der Anstieg während des 1. Tages im Median sogar nahezu das 4fache der Ausgangswerte vor dem Laborversuch derselben Probanden. Die Soldaten beim Langstreckenmarsch sowie die Schicht- und Tagarbeiter wiesen gegenüber ihren Ausgangswerten Anstiege der Mediane um das 1,25- bis 2,9fache auf. Die Ausscheidungsmengen der Röhrenwerker und der Bandarbeiterinnen waren im Median nicht oder nur maximal um das 1,5fache gegenüber ihren Ausgangswerten erhöht.

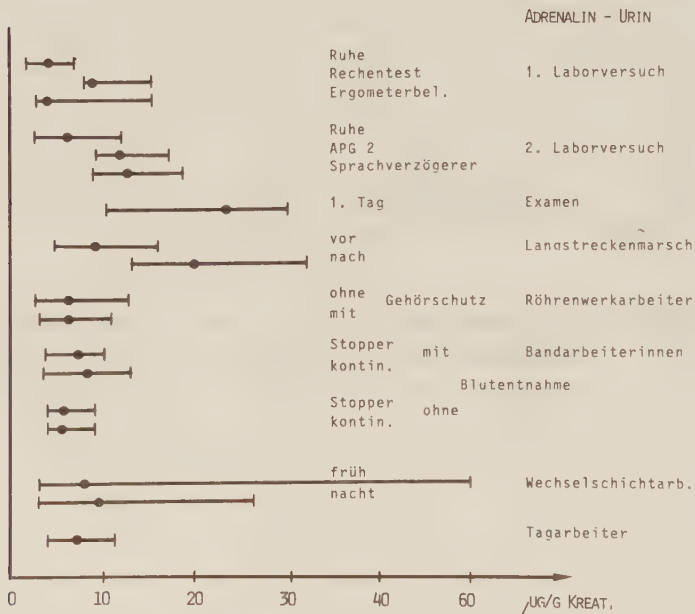


Abb. 12: Niveaus der Adrenalin-Ausscheidung (Mediane und zentrale 66,6%-Bereiche) bei den einzelnen Untersuchungen in charakteristischen Phasen

4.1.2. Noradrenalin im Urin

Die Ausscheidungsmengen dieser Meßgröße wurden ebenfalls auf die Kreatinin(K.)-Exkretion bezogen.

Beim 1. Laborversuch (Abb. 13) zeigte die Noradrenalin-Ausscheidung nach dem Rechentest eine leichte Erhöhung gegenüber den Ausgangswerten, die sich aber als nicht signifikant erwies. Unter der Ergometerbelastung sank sie sogar wieder in den Bereich der Ausgangswerte, was z.T. auf einer überproportionalen Erhöhung der Kreatinin-Ausscheidung durch die starke körperliche Belastung beruhen könnte. Die Ausscheidungsmengen am Belastungstag unterschieden sich nicht von denen des Ruhetages.

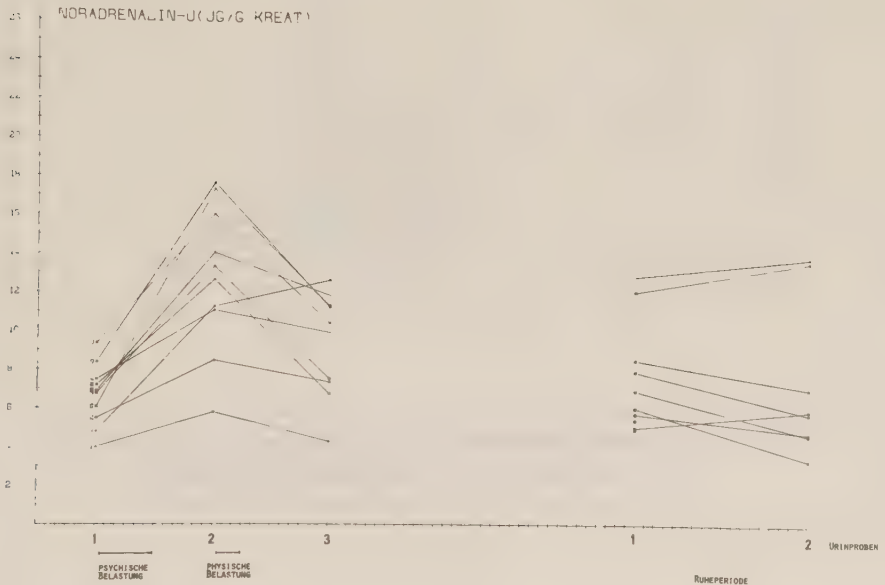


Abb. 13: Noradrenalin-Ausscheidung ($\mu\text{g/g K.}$) unter Ruhebedingungen sowie bei mentalen (Rechentest) und physischen (Ergometer) Belastungen im 1. Laborversuch

Im 2. Laborversuch (Abb. 14) fand sich im Median ein geringer Anstieg der Noradrenalin-Ausscheidung nach der mentalen und ein signifikanter ($p < 0,05$) nach der emotionalen Belastung. Die Ausscheidungsmengen während der Examensuntersuchung lagen etwa auf demselben Niveau und waren alle gegenüber dem Ruhewert vor dem 2. Laborversuch erhöht ($p < 0,01$).

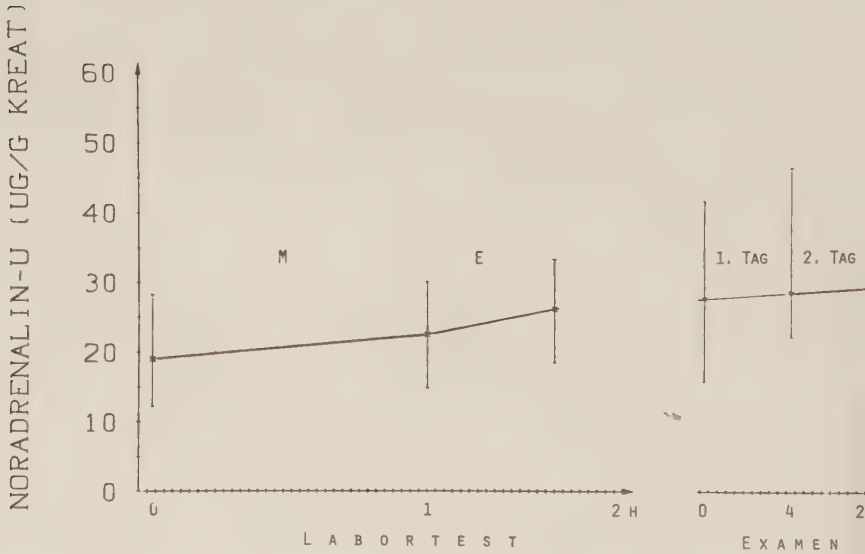


Abb. 14: Noradrenalin-Ausscheidung ($\mu\text{g/g K.}$) (Mediane und zentrale 66,6%-Bereiche) unter den mentalen (M) und emotionalen (E) Belastungen des 2. Laborversuchs und des Exams

Beim Langstreckenmarsch (Abb. 15) der Bundeswehrsoldaten betrug die Noradrenalin-Ausscheidung am Ende des Marsches im Median nahezu das Doppelte wie vor dessen Beginn ($p < 0,001$).

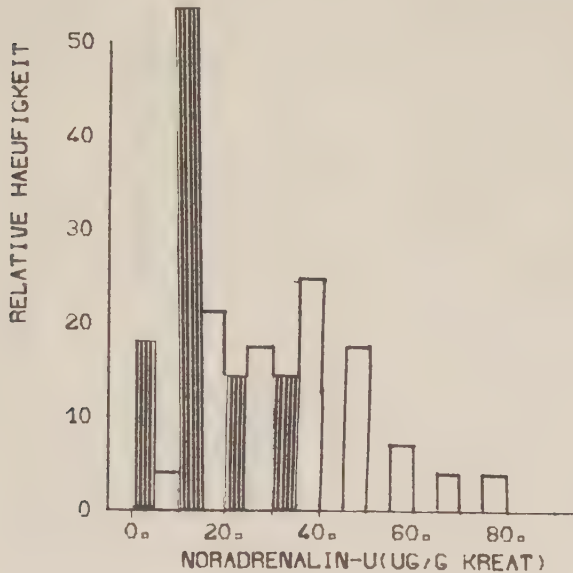


Abb. 15: Noradrenalin-Ausscheidung ($\mu\text{g/g K.}$) der Bundeswehrsoldaten (Häufigkeitsverteilungen) vor (schraffiert) und nach (un-schraffiert) dem Leistungsmarsch

Bei den Röhrenwerkarbeitern (Abb. 16) lag die Noradrenalin-Ausscheidung am Tag ohne Gehörschutz (1) im Median höher als am Tag mit Gehörschutz (2). Statistisch waren aber keine Unterschiede zwischen beiden Versuchstagen und auch nicht in deren Verlauf zu sichern.

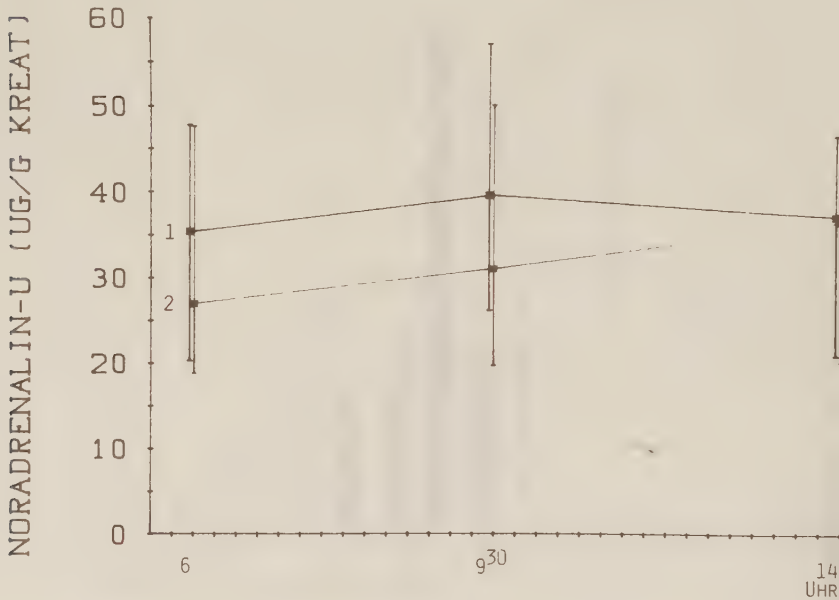


Abb. 16: Noradrenalin-Ausscheidung ($\mu\text{g/g K.}$) der Arbeiter des Stahlröhrenwerks (Mediane und zentrale 66,6%-Bereiche) ohne (1) und mit (2) Gehörschutz

Bei der Untersuchung der Fließbandarbeiterinnen (Abb. 17) übertraf der Median der Noradrenalin-Ausscheidung am kontinuierlichen Band bis auf eine Ausnahme die der Arbeiterinnen am Stopperband. Wesentliche Unterschiede zwischen beiden Gruppen sowie an den beiden Versuchstagen mit und ohne Blutentnahmen waren nicht festzustellen. Auch in den Tagesverläufen der Noradrenalin-Ausscheidung fanden sich in beiden Kollektiven und an beiden Versuchstagen keine signifikanten Unterschiede.

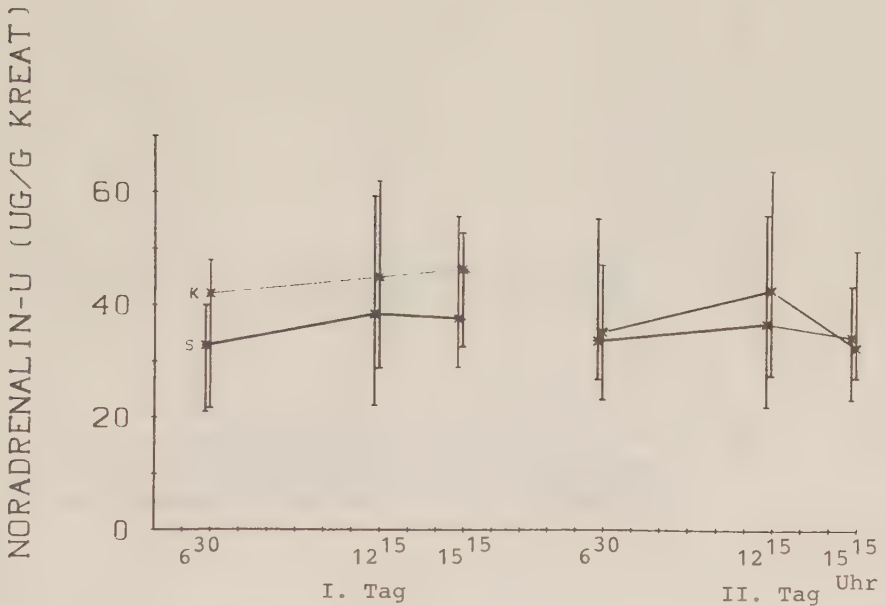


Abb. 17: Noradrenalin-Ausscheidung ($\mu\text{g/g K.}$) (Mediane und zentrale 66,6%-Bereiche) der Fließbandarbeiterinnen mit (I) und ohne (II) Blutentnahme am kontinuierlichen (K) und am Stopperband (S)

Bei der Untersuchung der Wechselschichtarbeiter (Abb. 18) waren in der Noradrenalin-Ausscheidung keine Unterschiede zwischen der Früh- und Nachtschicht sowie im Vergleich zu den Tagarbeitern zu sichern. Auffällig war die größere Streuung der Meßwerte im Kollektiv der Wechselschichtarbeiter.

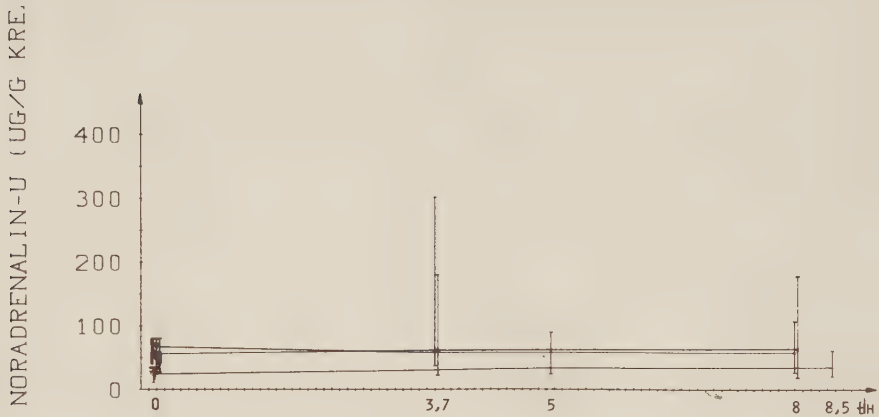


Abb. 18: Noradrenalin-Ausscheidung ($\mu\text{g/g K.}$) (Mediane und zentrale 66,6%-Bereiche) der Wechselschichtarbeiter in der Früh (F)- und Nacht (N)- Schicht im Vergleich zu den Dauertagarbeitern (T)

Die beiden Laborversuche und das Examen führten im Median zu Erhöhungen der Noradrenalin-Ausscheidung um das 1,2- bis bis 1,9fache der Ausgangswerte. Eine Steigerung um den Faktor 1,9 erreichten auch die Soldaten während des Langstreckenmarsches. Bei allen Arbeitsplatzuntersuchungen lag die Noradrenalin-Ausscheidung im Median nicht oder nur bis 1,4 mal über den jeweiligen Ausgangswerten (Abb. 19).

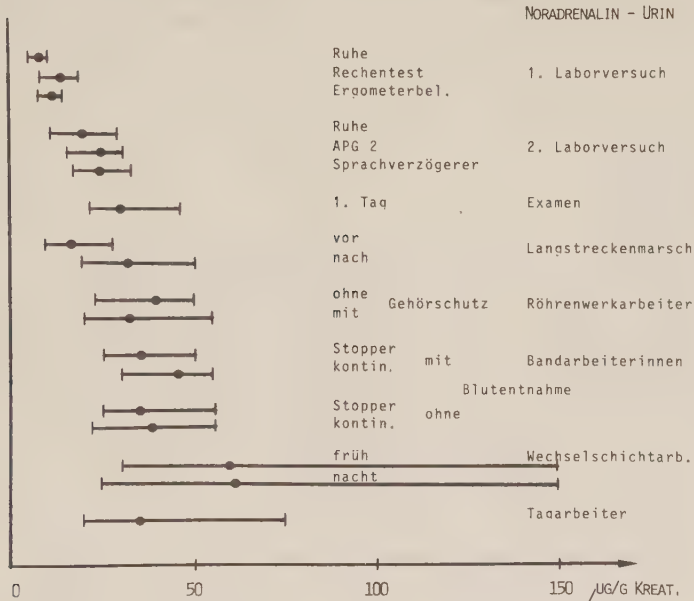
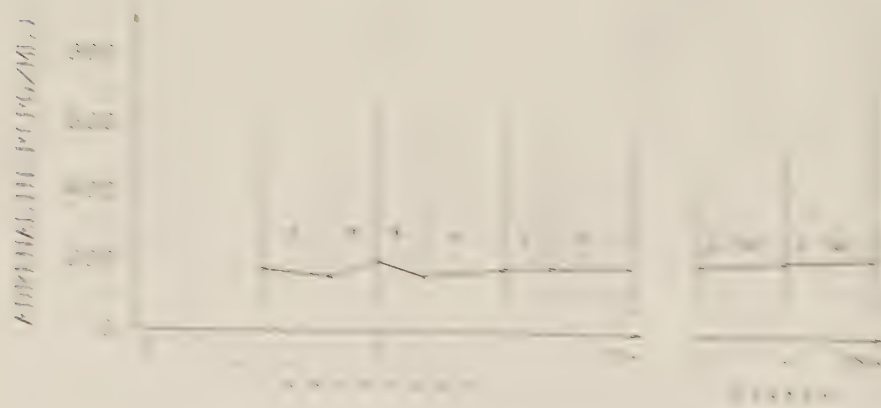


Abb. 19: Niveaus der Noradrenalin-Ausscheidungen (Mediane und zentrale 66,6%-Bereiche) bei den einzelnen Untersuchungen in charakteristischen Phasen

4.7.3. Results of the analysis

When the analysis is completed, the results are presented in the form of a table or a graph. The table is used to record the data and the graph is used to show the trend of the data.

The graph is used to show the trend of the data. It is used to show the change in the value of the variable over a period of time.



The graph is used to show the trend of the data. It is used to show the change in the value of the variable over a period of time. The graph is used to show the trend of the data. It is used to show the change in the value of the variable over a period of time.

Bei den Fließbandarbeiterinnen (Abb. 21) liegen die Mediane der Plasma-Adrenalinspiegel am Stopperband in allen Untersuchungsphasen über denen des kontinuierlichen Bandes. Zwischen beiden und in den Tagesverläufen waren aber keine wesentlichen Unterschiede zu sichern.

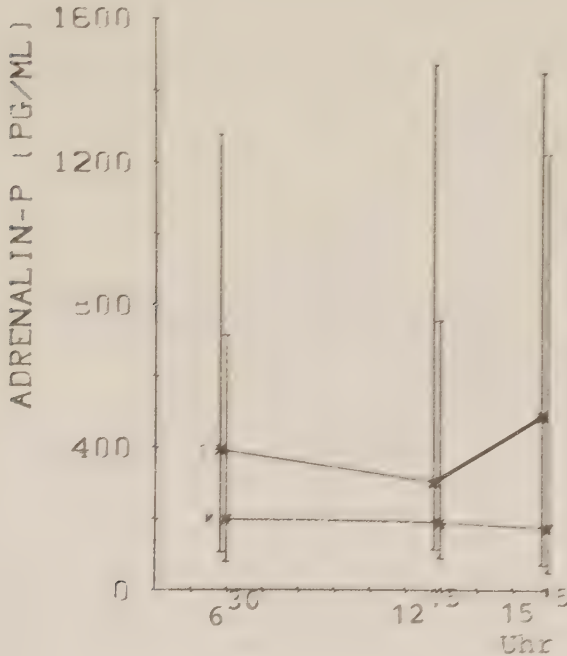


Abb. 21: Adrenalin-Konzentrationen im Plasma (Mediane und zentrale 66,6%-Bereiche) der Fließbandarbeiterinnen am kontinuierlichen (K) und am Stopperband (S)

Die Schichtarbeiter (Abb. 22) wiesen in der Mitte der Nachtschicht signifikant niedrigere ($p < 0,05$) Plasma-Adrenalin-Spiegel auf als in der Frühschicht. Außerdem lagen die Meßwerte in der Nachtschicht unter denen der tagarbeitenden Kollegen. Auffällig war die im Vergleich zu den Tagarbeitern wesentlich größere Streuung der Meßwerte im Kollektiv der Schichtarbeiter in der Früh- und Nachtschicht.

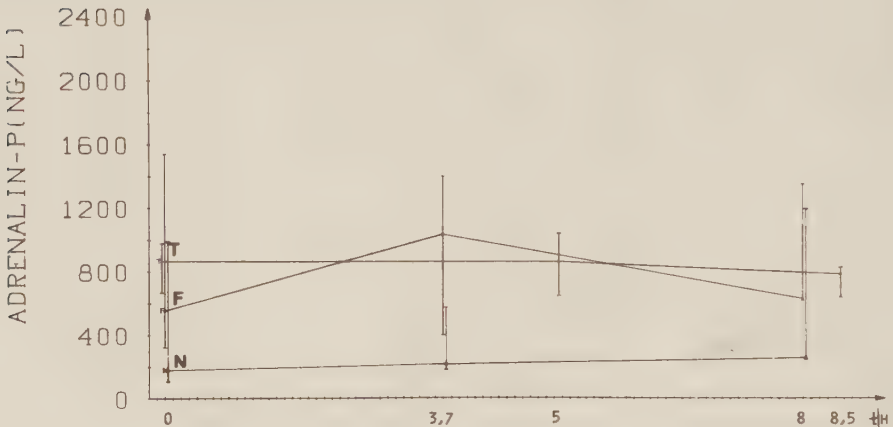


Abb. 22: Adrenalin-Konzentrationen im Plasma (Mediane und zentrale 66,6%-Bereiche) der Wechselschichtarbeiter in der Früh (F)- und Nacht (N)-Schicht im Vergleich zu den Dauertagarbeitern (T)

Die Medianwerte der Examenskandidaten, der Bandarbeiterinnen und der Wechselschichtarbeiter in der Nachtschicht hatten etwa dasselbe Niveau. Die Plasma-Adrenalin-Spiegel der Tagarbeiter und der Wechselschichtarbeiter in der Frühschicht waren im Median um ca. 50 % höher als in den übrigen Kollektiven (Abb. 23).

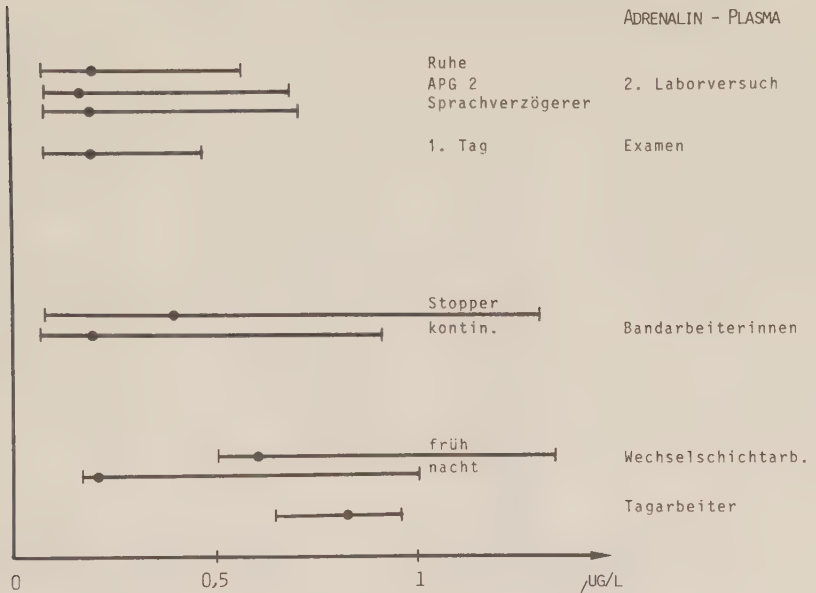


Abb. 23: Niveau der Adrenalin-Spiegel im Plasma (Mediane und zentrale 66,6%-Bereiche) bei den einzelnen Untersuchungen in charakteristischen Phasen

4.1.4. Noradrenalin im Plasma

Im 1. Laborversuch (Abb. 24) lagen die Meßwerte während der mentalen Belastung des Rechentests auf demselben Niveau wie in der Ruheperiode. Unter der Ergometerbelastung kam es hingegen zu einem erheblichen Anstieg ($p < 0,001$) der Plasma-Noradrenalin-Konzentrationen und in der Erholungsphase wieder zu einem schnellen Rückgang.

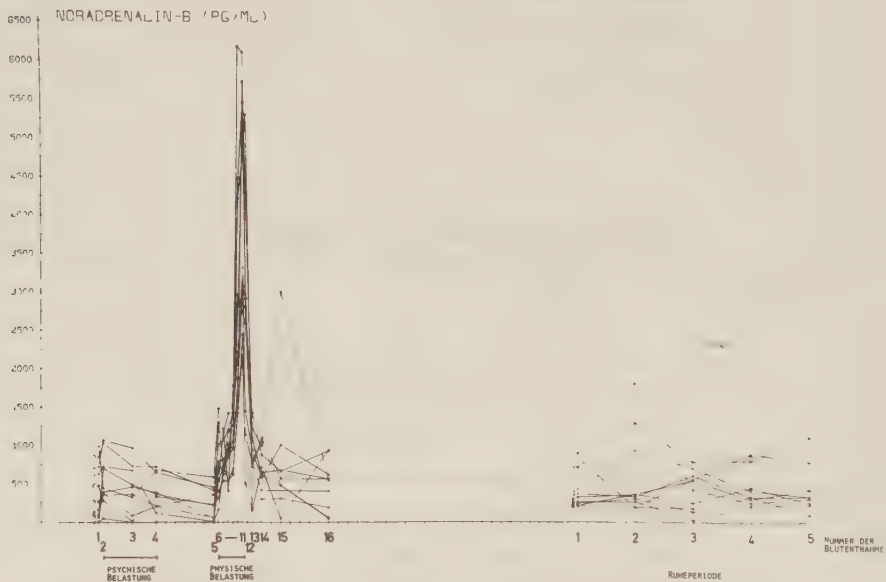


Abb. 24: Noradrenalin-Konzentrationen im Plasma (Mediane und zentrale 66,6%-Bereiche) unter Ruhebedingungen sowie mentalen (Rechentest) und physischen (Ergometer) Belastungen im 1. Laborversuch

Im 2. Laborversuch und bei der Examensuntersuchung (Abb. 25) wiesen die Meßwerte individuell und interindividuell erhebliche Streuungen auf. Beziehungen zu den unterschiedlichen Belastungen waren nicht erkennbar. Varianzanalytisch fanden sich keine Unterschiede zwischen den einzelnen Belastungsphasen.



Abb. 25: Noradrenalin-Konzentrationen im Plasma (Mediane und zentrale 66,6%-Bereiche) unter den mentalen (M) und emotionalen (E) Belastungen des 2. Laborversuchs und des Examens sowie vor und nach Ruheperioden (R)

Nach dem Langstreckenmarsch der Bundeswehrsoldaten (Abb. 26) lagen die Noradrenalin-Konzentrationen im Plasma um etwa den Faktor 1,5 höher als die Ausgangswerte ($p < 0,001$)

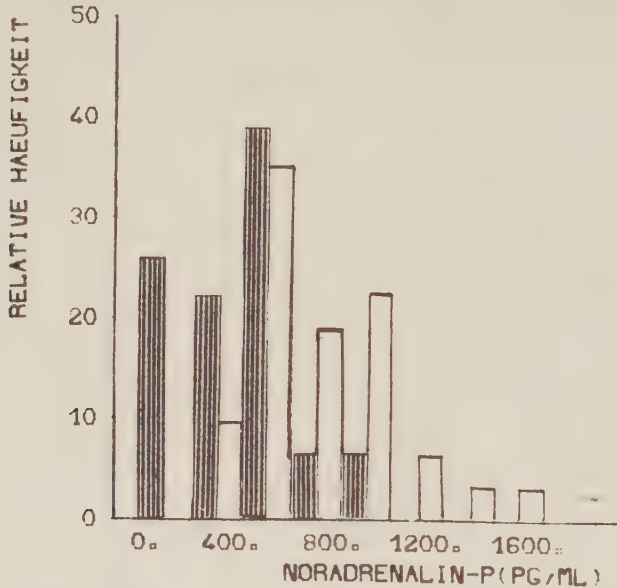


Abb. 26: Noradrenalin-Konzentrationen im Plasma der Bundeswehrsoldaten (Häufigkeitsverteilungen) vor (schraffiert) und nach (unschraffiert) dem Leistungsmarsch

Die Noradrenalin-Konzentrationen im Plasma der Fließbandarbeiterinnen waren am Stopperband im Median etwas höher als am kontinuierlichen Band (Abb. 27). Signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen und auch im Tagesverlauf bestanden aber nicht.

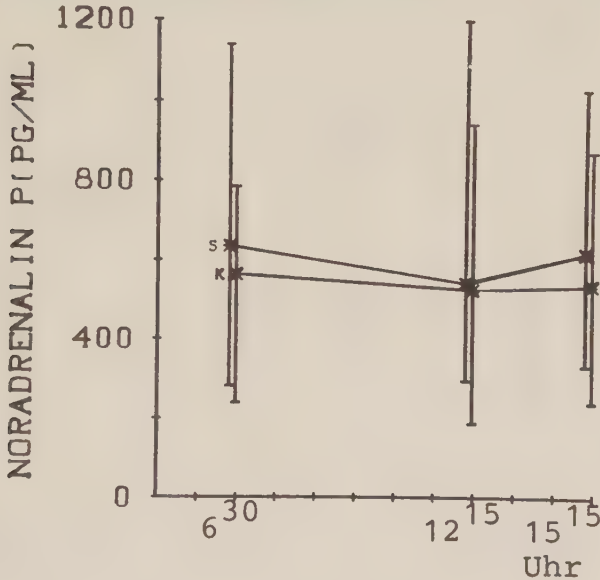


Abb. 27: Noradrenalin-Konzentrationen im Plasma (Mediane und zentrale 66,6%-Bereiche) der Fließbandarbeiterinnen am kontinuierlichen (K) und am Stopperband (S)

Bei der Untersuchung der Schichtarbeiter (Abb. 28) erwiesen sich die Meßwerte von der Frühschicht für die 1. und 2. Blutabnahme als signifikant höher ($p < 0,05$) als die von der Nachtschicht. Gegenüber den Meßwerten der Tagarbeiter waren aber keine Unterschiede zu sichern. Auffällig war die große Streuung der Noradrenalin-Konzentrationen vor allem in der Frühschicht.

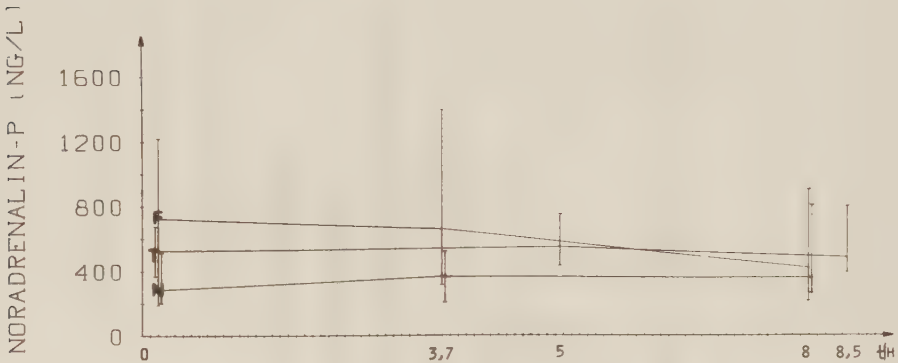


Abb. 28: Noradrenalin-Konzentrationen im Plasma (Mediane und zentrale 66,6%-Bereiche) der Wechselschichtarbeiter in der Früh (F)- und Nacht (N)- Schicht im Vergleich zu den Dauertagarbeitern (T)

Das Niveau der Meßwerte (Abb. 29) lag unter der Ergometerbelastung des 1. Laborversuchs im Median maximal um das 10fache, im 2. Laborversuch, in der Examensuntersuchung und bei den Schichtarbeitern nur um maximal das 1,1fache über den jeweiligen Ruhewerten. Die Belastungswerte der Bundeswehrsoldaten betrugen das 1,5fache der Ausgangswerte.

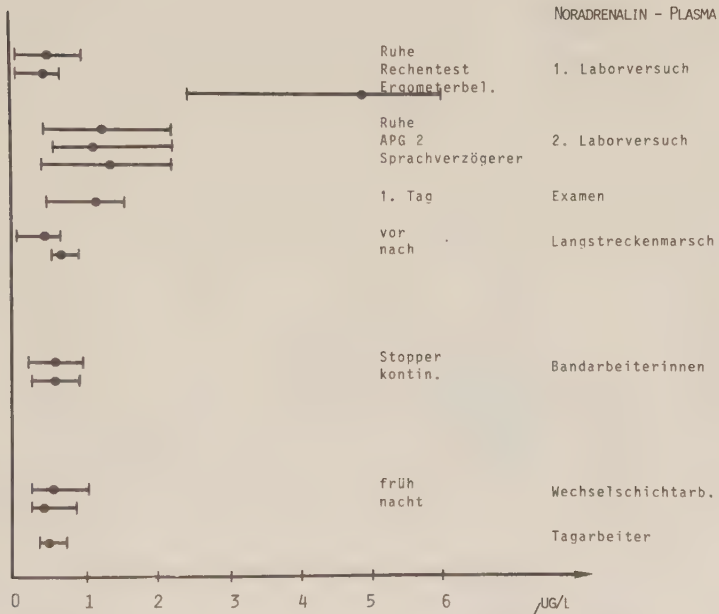


Abb. 29: Niveaus der Noradrenalin-Spiegel im Plasma (Mediane und zentrale 66,6%-Bereiche) bei den einzelnen Untersuchungen in charakteristischen Phasen

4.1.5. cAMP im Plasma

Die Ausgangs- und Endwerte des 1. Laborversuchs (Abb. 30) unterschieden sich nicht von den Meßwerten unter Ruhebedingungen. Während des Rechentests und unter der Ergometerbelastung kam es hingegen zu signifikanten Erhöhungen ($p < 0,05$ bis $< 0,001$) des cAMP-Spiegels.

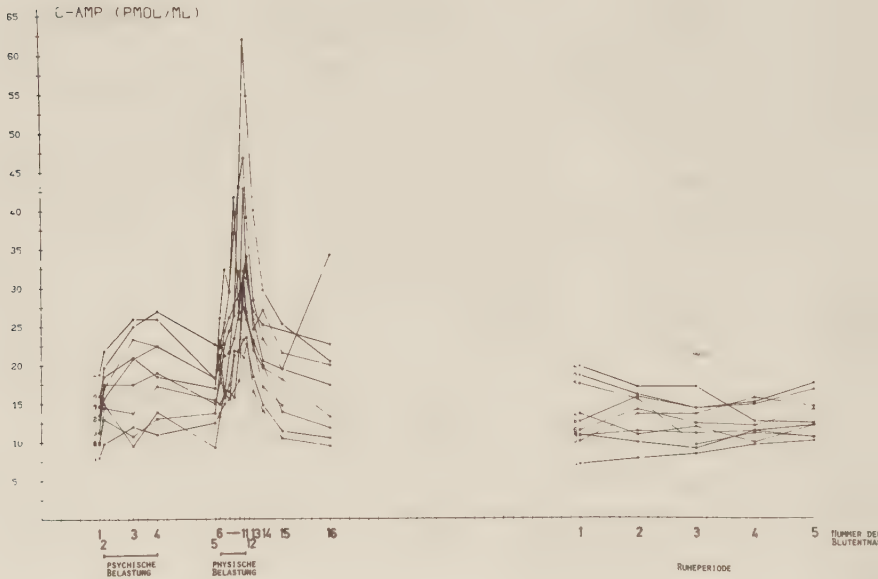


Abb. 30: cAMP-Konzentrationen im Plasma (Mediane und zentrale 66,6%-Bereiche) unter Ruhebedingungen und mentalen (Rechentest) und physischen (Ergometer) Belastungen im 1. Laborversuch

Beim 2. Laborversuch (Abb. 31) waren signifikante Erhöhungen ($p < 0,05$) des cAMP-Spiegels nur nach der mentalen Belastung des langsamen Quadrat- und Farb-Tests festzustellen, nicht aber nach der schnelleren Reizfolge. Die emotionale Belastung mit dem Sprachverzögerer führte ebenfalls zu einer signifikanten Erhöhung ($p < 0,01$) des cAMP-Spiegels. Auch an beiden Examenstagen waren die cAMP-Spiegel im Vergleich zu den Ruhewerten des 2. Laborversuchs erhöht ($p < 0,01$). Sie lagen aber nicht wesentlich über den genannten erhöhten Belastungswerten des 2. Laborversuchs. Das Absinken des cAMP-Spiegels im Median nach dem 2. Examenstag ließ sich statistisch nicht sichern.

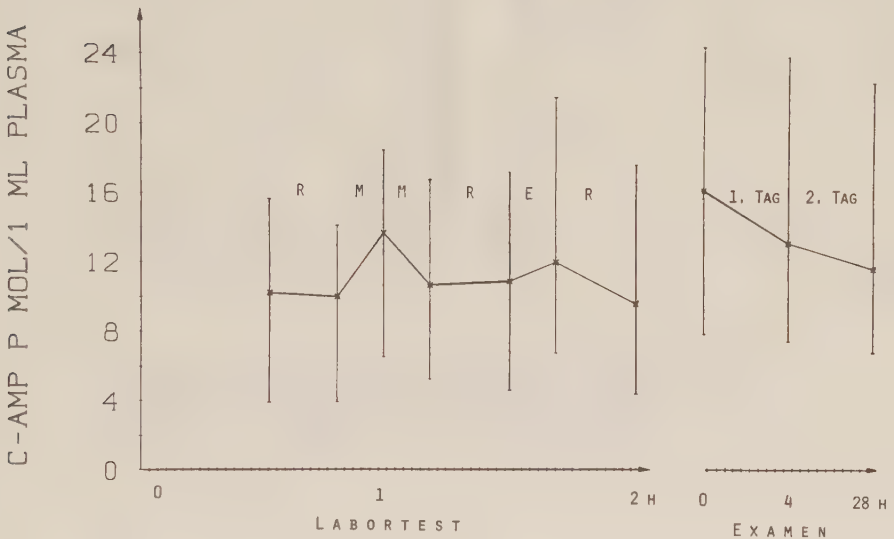


Abb. 31: cAMP-Konzentrationen im Plasma (Mediane und zentrale 66,6%-Bereiche) unter den mentalen (M) und emotionalen (E) Belastungen des 2. Laborversuchs und des Examins sowie vor und nach Ruheperioden (R)

Die Meßwerte nach dem Langstreckenmarsch (Abb. 32) waren signifikant höher ($p < 0,001$) als die Ausgangswerte.

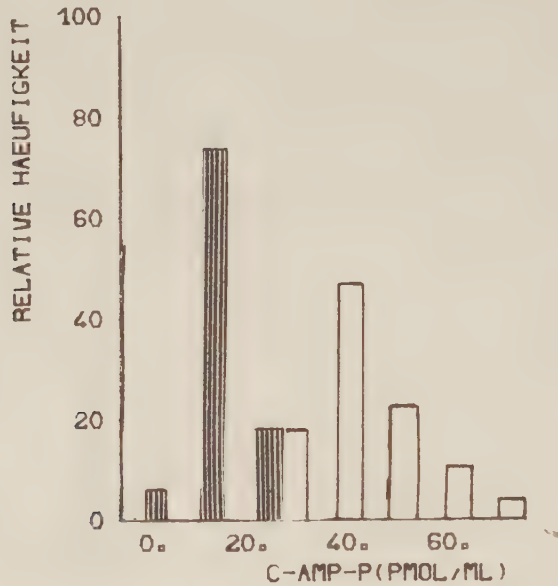


Abb. 32: cAMP-Konzentrationen im Plasma der Bundeswehrsoldaten (Häufigkeitsverteilungen) vor (schraffiert) und nach (unschraffiert) dem Leistungsmarsch

Bei den Röhrenwerkarbeitern (Abb. 33) fanden sich am Untersuchungstag mit Gehörschutz (2) im Median z.T. niedrigere cAMP-Konzentrationen im Plasma als am Tag ohne Gehörschutz (1). Statistisch konnten Unterschiede aber nicht gesichert werden.

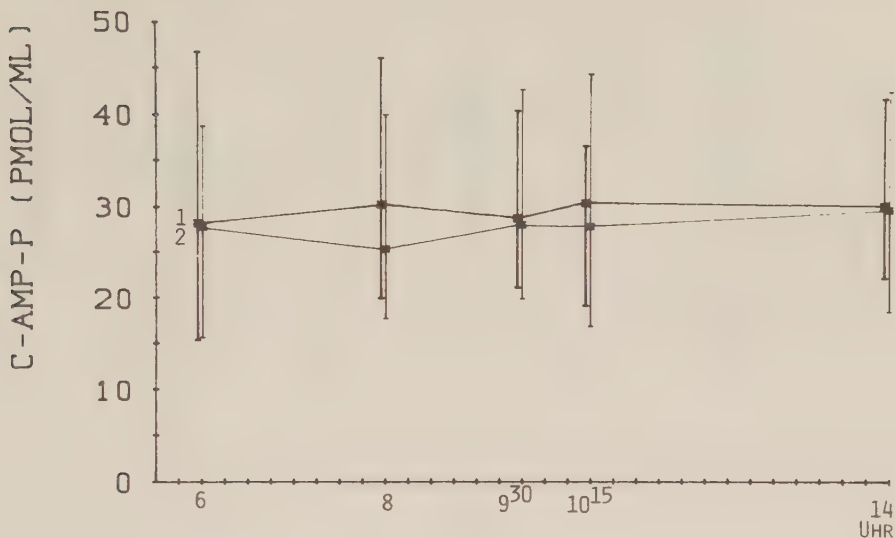


Abb. 33: cAMP-Konzentrationen im Plasma der Arbeiter des Stahlröhrenwerkes (Mediane und zentrale 66,6%-Bereiche) ohne (1) und mit (2) Gehörschutz

Zwischen den cAMP-Spiegeln der Fließbandarbeiterinnen am kontinuierlichen und Stopperband (Abb. 34) bestanden ebenfalls keine wesentlichen Unterschiede.

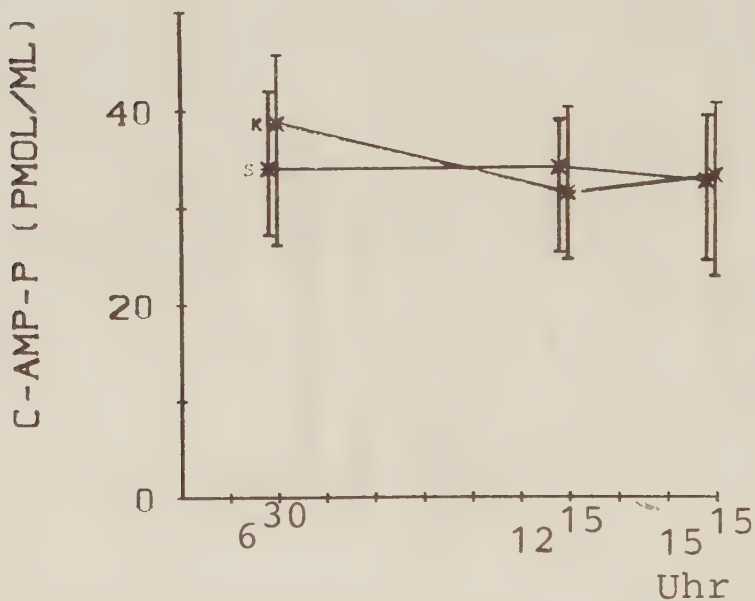


Abb. 34: cAMP-Konzentrationen im Plasma (Mediane und zentrale 66,6%-Bereiche) der Fließbandarbeiterinnen am kontinuierlichen (K) und am Stopperband (S)

Bei der Untersuchung der Wechselschichtarbeiter (Abb. 35) waren keine Unterschiede zwischen Früh- und Nachtschicht festzustellen. Auffällig waren die im Vergleich zu den Schichtarbeitern deutlich höheren ($p < 0,05$ bis $< 0,01$) cAMP-Spiegel der Tagarbeiter, insbesondere während der Arbeit.

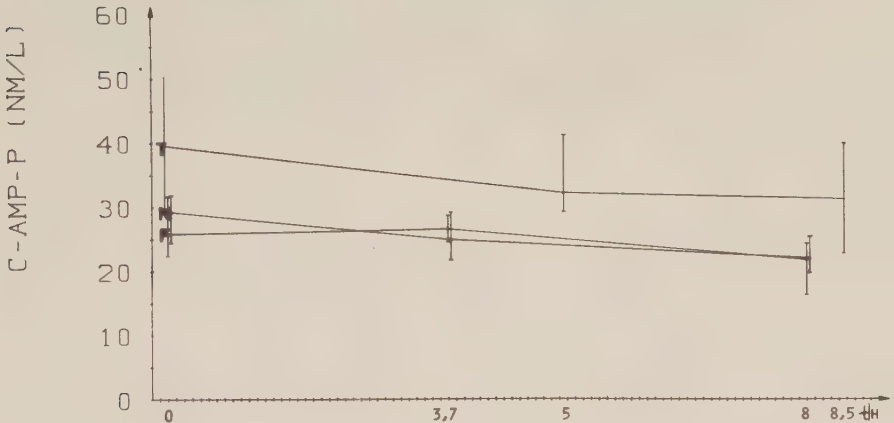


Abb. 35: cAMP-Konzentrationen im Plasma (Mediane und zentrale 66,6%-Bereiche) der Wechselschichtarbeiter in der Früh (F) - und Nacht (N) - Schicht im Vergleich zu den Tagarbeitern (T)

Im Vergleich zu den Ruhewerten des 1. Laborversuchs führte die mentale Belastung des Rechentests im Median zu einem Anstieg der cAMP-Konzentration auf das 2fache und die physische Belastung mit dem Fahrradergometer auf das 2,4fache. Auch durch den Langstreckenmarsch erhöhten sich die cAMP-Spiegel im Median um mehr als das Doppelte des Ausgangswertes. Im 2. Laborversuch und bei der Examensuntersuchung fielen vor allem große Streuungen der Meßwerte auf. Der Anstieg des Medians während des 1.Examenstages betrug nur das 1,6fache der Ruhewerte. Die cAMP-Spiegel der Röhrenwerkerarbeiter, der Bandarbeiterinnen sowie der Wechselschicht- und Tagarbeiter unterschieden sich im Median nicht von den jeweiligen Ausgangswerten (Abb. 36).

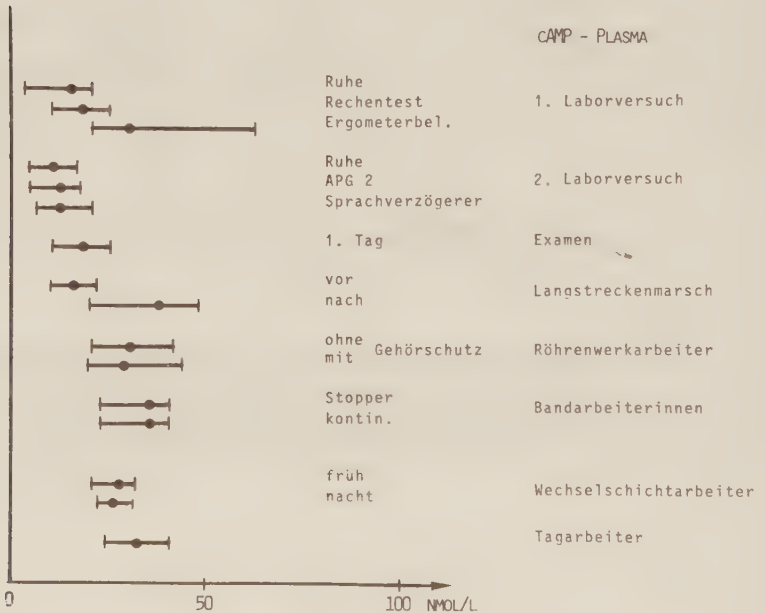


Abb. 36: Niveaus der cAMP-Konzentrationen im Plasma (Mediane und zentrale 66,6%-Bereiche) bei den einzelnen Untersuchungen in charakteristischen Phasen

4.1.6. ACTH im Plasma

Im 1.Laborversuch (Abb. 37) fanden sich keine Unterschiede zwischen den Ruhe-, den Ausgangs- und den Erholungswerten sowie den Belastungswerten des ACTH-Spiegels während des Rechentests. Erst am Ende der Ergometerbelastung (ab 250 W) und noch nach 10 min in der Erholungsphase waren die ACTH-Konzentrationen signifikant ($p < 0,001$) gegenüber den übrigen Werten erhöht.

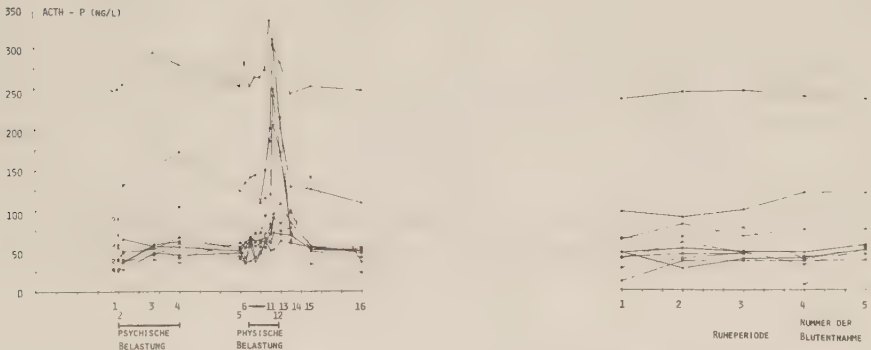


Abb. 37: ACTH-Konzentrationen im Plasma (Mediane und zentrale 66,6%-Bereiche) unter Ruhebedingungen sowie mentalen (Rechentest) und physischen (Ergometer) Belastungen im 1.Laborversuch

Im 2.Laborversuch (Abb. 38) konnte lediglich eine allgemein absinkende Tendenz der Plasma-ACTH-Spiegel während des Versuchs festgestellt werden, die etwa dem normalen zirkadianen Rhythmus entsprach. Bei der Examensuntersuchung waren nur die Meßwerte vor dem 1. Prüfungstag höher ($p < 0,05$ bis $< 0,01$) als die vom Laborversuch derselben Probanden. Die ACTH-Spiegel der vor- und nachmittags untersuchten Personen unterschieden sich nicht (SCHÖLER 1982).



Abb. 38: ACTH-Konzentrationen im Plasma (Mediane und zentrale 66,6%-Bereiche) unter den mentalen (M) und emotionalen (E) Belastungen des 2.Laborversuchs und des Examens sowie vor und nach Ruheperioden (R)

Bei den Röhrenwerkarbeitern (Abb. 39) bestand an beiden Versuchstagen ein etwa konstanter ACTH-Spiegel. Unterschiede zwischen den Tagen mit und ohne Gehörschutz fanden sich nicht.

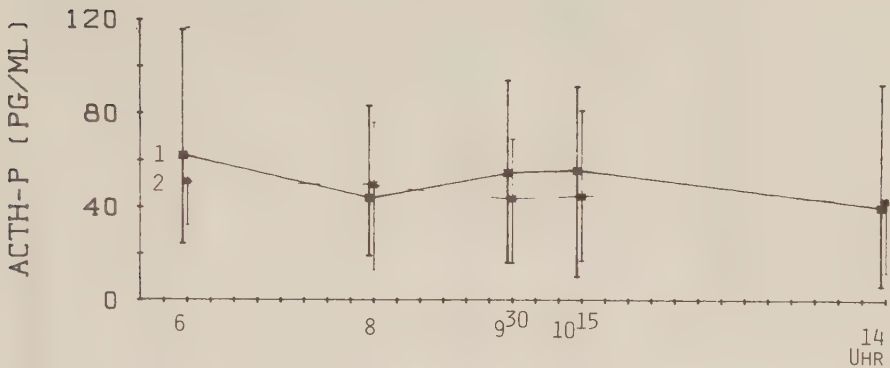


Abb. 39: ACTH-Konzentrationen im Plasma der Arbeiter des Stahlröhrenwerkes (Mediane und zentrale 66,6%-Bereiche) ohne (1) und mit (2) Gehörschutz

Auch bei den Bandarbeiterinnen (Abb. 40) waren keine wesentlichen Unterschiede der ACTH-Werte im Tagesverlauf und zwischen beiden Bandarten zu sichern.

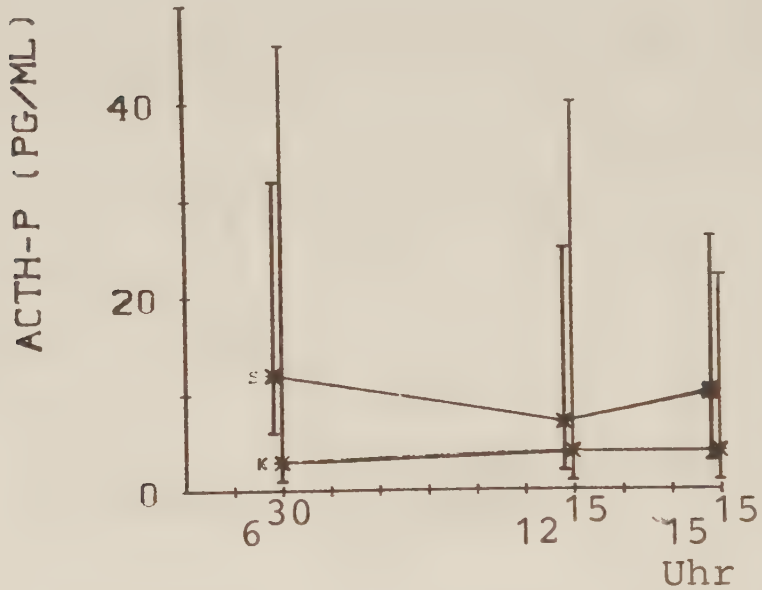


Abb. 40: ACTH-Konzentrationen im Plasma (Mediane und zentrale 66,6%-Bereiche) der Bandarbeiterinnen am kontinuierlichen (K) und am Stopperband (S)

Die ACTH-Konzentrationen im Plasma der Tag- und Wechsel-
schichtarbeiter (Abb. 41) unterschieden sich nur gering-
fügig voneinander. Bei Schichtbeginn und in der Schicht-
mitte lagen die ACTH-Konzentrationen in der Nachtschicht
niedriger als in der Frühschicht ($p < 0,05$) und bei den
Tagarbeitern ($p < 0,05$ bis $< 0,01$). Auffällig waren die
größeren Streuungen der Meßwerte in der Frühschicht im
Vergleich zu denen der Nachtschicht.

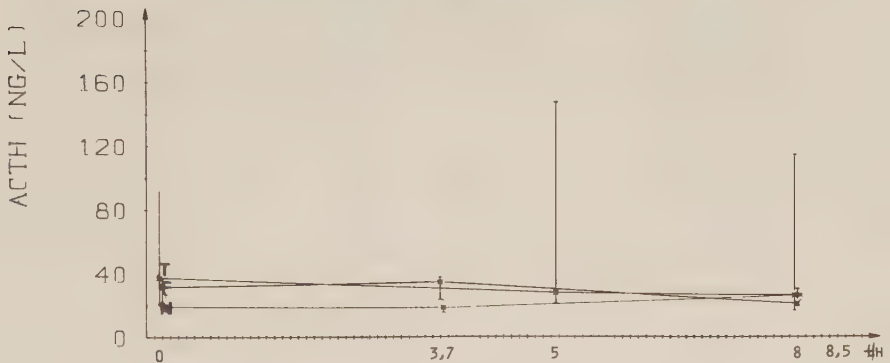


Abb. 41: ACTH-Konzentrationen im Plasma (Mediane und zentrale 66,6%-
Bereiche) der Wechselschichtarbeiter in der Früh (F) - und
Nacht (N) - Schicht im Vergleich zu den Dauertagarbeitern (T)

Im Vergleich zu den Ausgangs- bzw. Ruhewerten waren die ACTH-Konzentrationen bei den verschiedenen Untersuchungen nur unwesentlich verändert (Abb. 42). Lediglich vor dem Examen lagen die Plasma-ACTH-Spiegel im Median um ca. das 2,5fache über den Ausgangswerten.

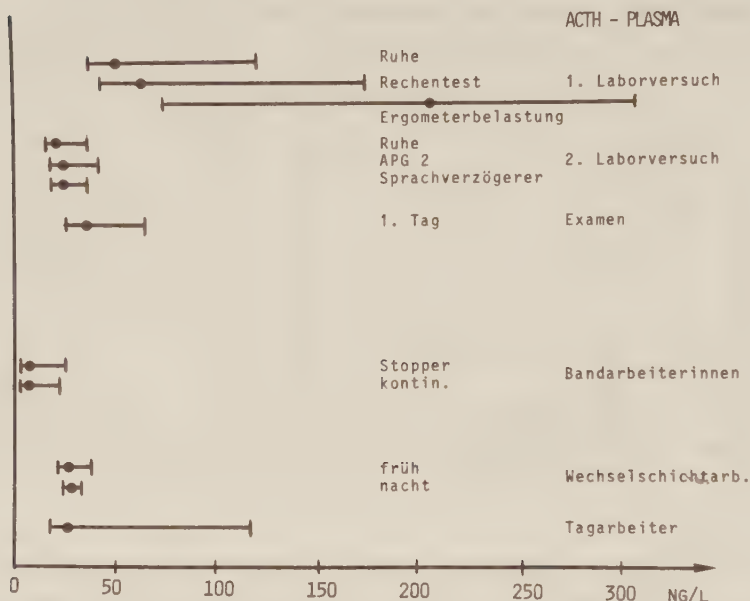


Abb. 42: Niveaus der ACTH-Konzentrationen im Plasma (Mediane und zentrale 66,6%-Bereich) bei den einzelnen Untersuchungen in charakteristischen Phasen

4.1.7. Cortisol im Plasma

Schon die Ruhewerte des 1. Laborversuchs (Abb. 43) zeigten interindividuell starke Streuungen. Die bekannte ausgeprägte Tagesrhythmik der Plasma-Cortisol-Konzentrationen (WISSER u. BREUER 1981) war hingegen – wahrscheinlich wegen der gewählten Tageszeit (zwischen 9.00 und 14.00 Uhr) – nicht feststellbar. Die Ausgangswerte des Belastungstages lagen auf demselben Niveau wie die Ruhewerte. Die Cortisol-Konzentrationen stiegen dann aber sowohl unter der mentalen Belastung des Rechentests ($p < 0,01$) als auch unter der Ergometerbelastung ($p < 0,05$) an. Die Anstiege der Cortisol-Spiegel folgten der Ergometerbelastung mit einer zeitlichen Verzögerung von ca. 20 bis 30 Minuten.

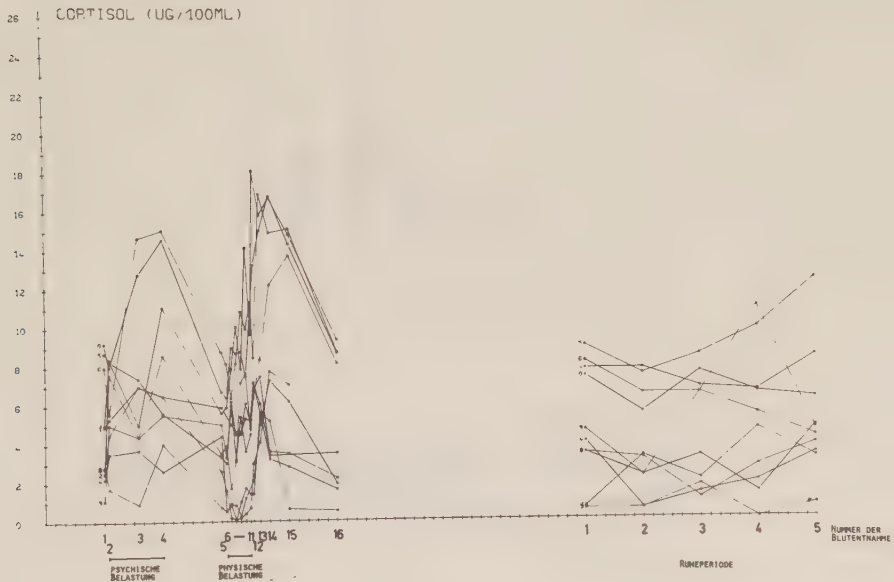


Abb. 43: Cortisol-Konzentrationen im Plasma (Mediane und zentrale 66,6%-Bereiche) unter Ruhebedingungen sowie mentalen (Rechentest) und physischen (Ergometer) Belastungen im 1. Laborversuch

Im 2. Laborversuch (Abb. 44) fielen ebenfalls große interindividuelle Streuungen sowie das Fehlen eines den unterschiedlichen Belastungen folgenden Trends auf. Nur die Belastungswerte unter der mentalen Belastung am Aufmerksamkeitsprüfgerät (APG 2) waren gegenüber den Ruhewerten nach dem Test erhöht ($p < 0,05$ bis $< 0,01$). Vor dem Examen waren die Cortisol-Konzentrationen höher ($p < 0,01$), nach den beiden Prüfungstagen aber sogar niedriger ($p < 0,05$ bis $< 0,01$) als die Meßwerte während des 2. Laborversuchs. Die Cortisol-Spiegel der vor- und nachmittags untersuchten Probanden unterschieden sich nicht (SCHÖLER 1982).

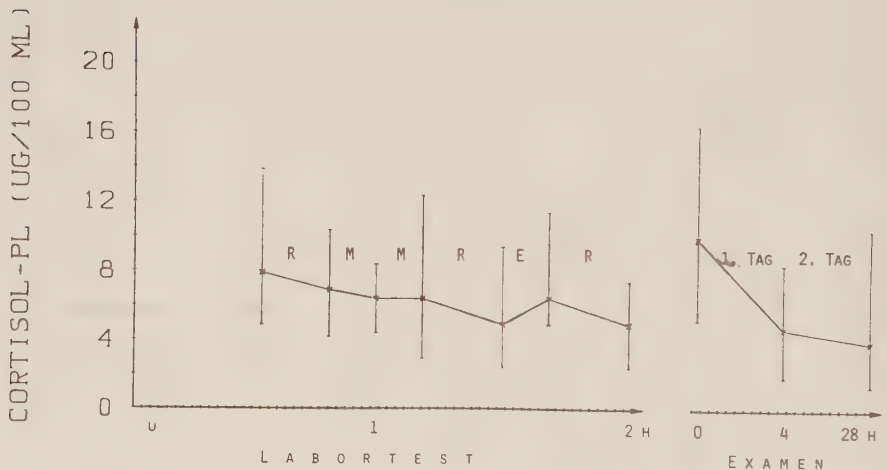


Abb. 44: Cortisol-Konzentrationen im Plasma (Mediane und zentrale 66,6%-Bereiche) unter den mentalen (M) und emotionalen (E) Belastungen des 2. Laborversuchs und des Examens sowie vor und nach Ruheperioden (R)

Die Plasma-Cortisol-Werte vor dem Leistungsmarsch (Abb. 45) lagen etwas unter ($p < 0,05$) den im Anschluß daran gewonnenen Werten.

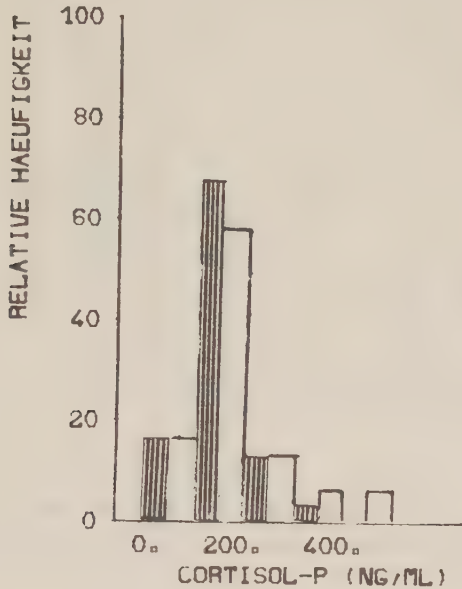


Abb. 45: Cortisol-Konzentrationen im Plasma der Bundeswehrsoldaten (Häufigkeitsverteilungen) vor (schraffiert) und nach (un-schraffiert) dem Leistungsmarsch

Bei den Röhrenwerkarbeitern (Abb. 46) bestanden keine Unterschiede im Tagesverlauf der Cortisol-Spiegel an den Versuchstagen mit und ohne Gehörschutz.

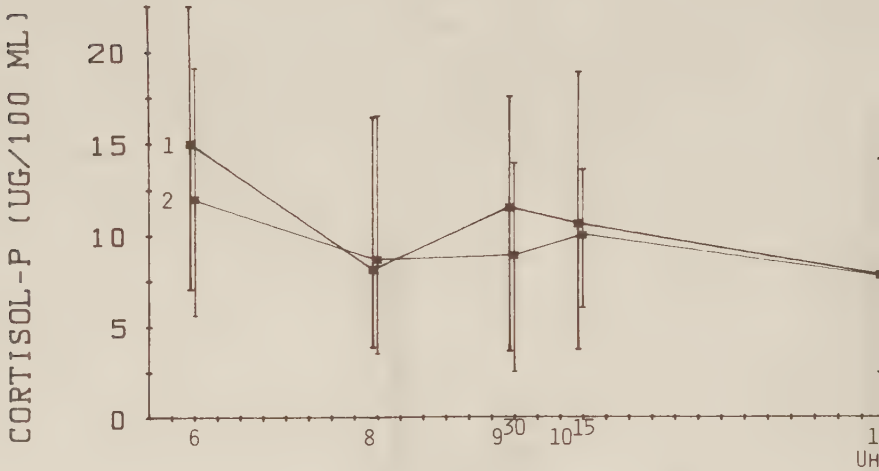


Abb. 46: Cortisol-Konzentrationen im Plasma der Arbeiter des Stahlröhrenwerks (Mediane und zentrale 66,6%-Bereiche) ohne (1) und mit (2) Gehörschutz

Bei den Bandarbeiterinnen (Abb. 47) fand sich eine Abnahme des Cortisol-Spiegels über den Arbeitstag ($p < 0,05$ bis $< 0,01$). Am Stopperband waren die Werte bei der Arbeit höher als am kontinuierlichen Band.

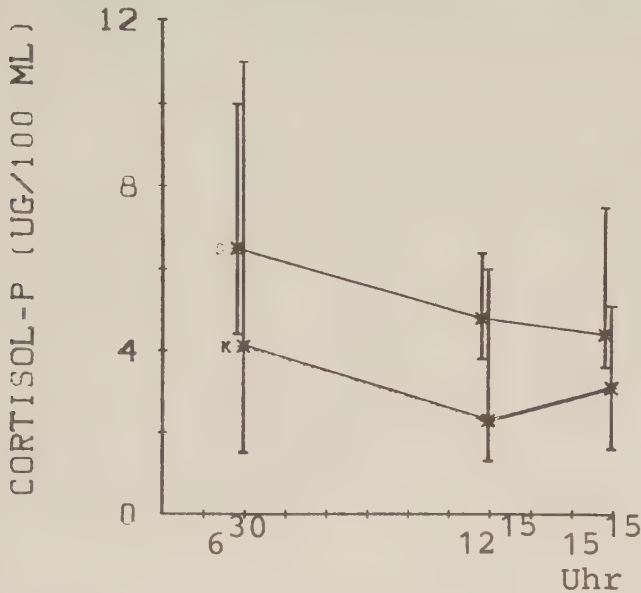


Abb. 47: Cortisol-Konzentrationen im Plasma (Mediane und zentrale 66,6%-Bereiche) der Bandarbeiterinnen am kontinuierlichen (K) und am Stopperband (S)

Die Wechselschichtarbeiter (Abb. 48) wiesen in der Früh-
schicht in Schichtmitte einen höheren Cortisol-Spiegel auf
als in der Nachtschicht ($p < 0,05$). Hingegen lag dieser bei
den Tagarbeitern in allen Untersuchungsphasen über dem der
Schichtarbeiter ($p < 0,05$ bis $< 0,01$). Nur für die Tagarbei-
ter war auch der charakteristische Abfall des Cortisol-Spie-
gels über den Tag nachweisbar ($p < 0,05$ bis $< 0,01$).

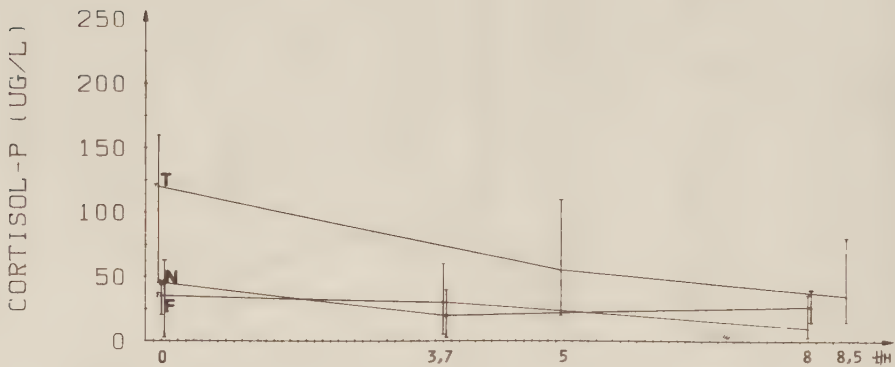


Abb. 48: Cortisol-Konzentrationen im Plasma (Mediane und zentrale
66,6%-Bereiche) der Wechselschichtarbeiter in der Früh (F)-
und Nacht (N)-Schicht im Vergleich zu den Dauertagarbeitern (T)

Bei den verschiedenen Untersuchungen (Abb. 49) fielen insbesondere die relativ geringen Unterschiede zwischen Ruhe- und Belastungswerten auf. Am stärksten ausgeprägt waren diese noch beim Rechentest des 1. Laborversuchs sowie den mentalen und emotionalen Belastungen des 2. Laborversuchs und der Examensuntersuchung mit Erhöhungen um das 1,4-, 1,3- und 2fache. Bei den Arbeitsplatzuntersuchungen fanden sich hingegen nur Abnahmen während der Arbeitsschicht.

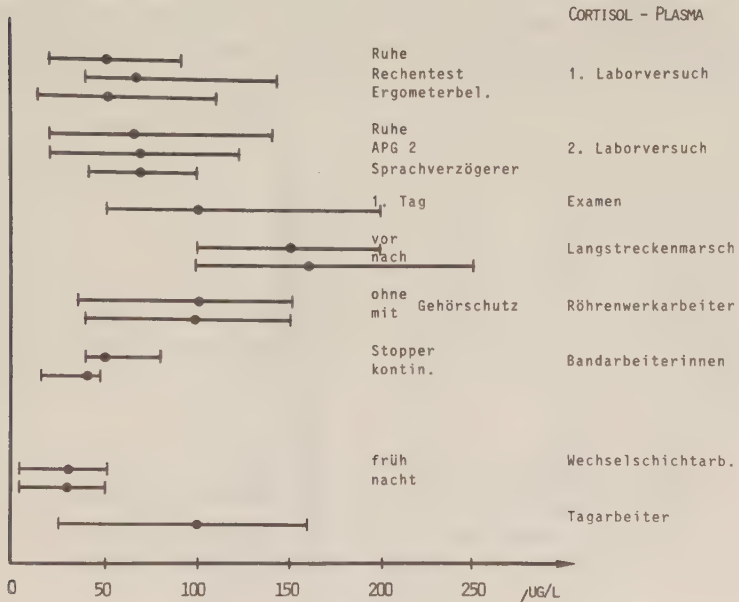


Abb. 49: Niveaus der Cortisol-Konzentrationen im Plasma (Mediane und zentrale 66,6%-Bereiche) bei den einzelnen Untersuchungen in charakteristischen Phasen

4.2. Physiologische Beanspruchungsparameter (Herzschlagfrequenz, EKG)

Die Herzschlagfrequenz (HSF) bestätigte sich bei der Ergometerbelastung des 1. Laborversuchs als empfindliches Kriterium physischer Beanspruchungen (Abb. 50). Auch unter den überwiegend mentalen physischen Belastungen des Rechentests im 1. Laborversuch ($p < 0,05$ bis $< 0,01$) und des Sprachverzögerer-Tests ($p < 0,05$ bis $< 0,01$) im 2. Laborversuch sowie vor dem Examen ($p < 0,01$) kam es zu Erhöhungen der HSF gegenüber den Ausgangswerten. Keine wesentlichen Änderungen der HSF bestanden hingegen bei den rein mentalen Belastungen am Aufmerksamkeitsprüfgerät (APG 2) im 2. Laborversuch (Abb. 51).

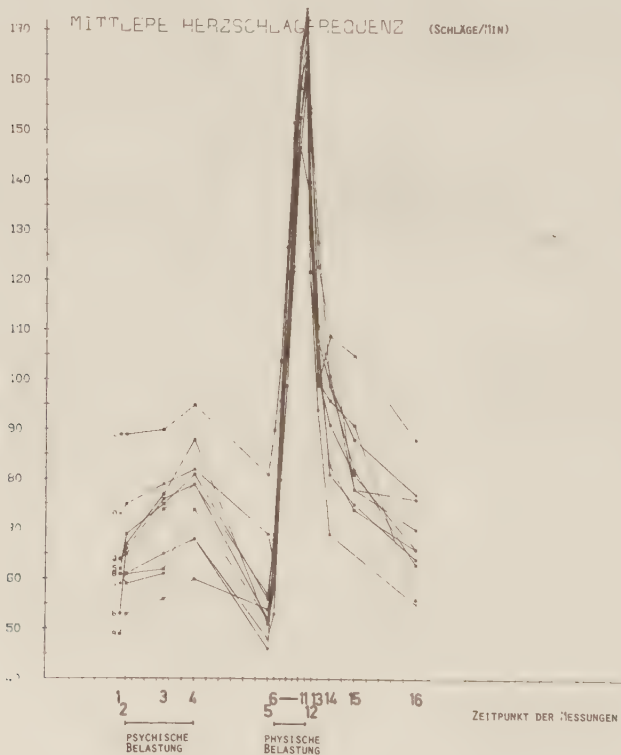


Abb. 50: Verläufe der mittleren Herzschlagfrequenzen unter den mentalen (Rechentest) und physischen (Ergometer) Belastungen des 1. Laborversuchs

Die Erhöhungen der HSF gegenüber den korrespondierenden Ruhewerten betrugen unter der Ergometerbelastung im Median bis zu 100/min, beim Rechentest, beim Sprachverzögerer-Test und nach den Examenstagen ca. 10/min und vor dem Examen ca. 20/min gegenüber den korrespondierenden Ruhewerten (Abb. 50 und 51).

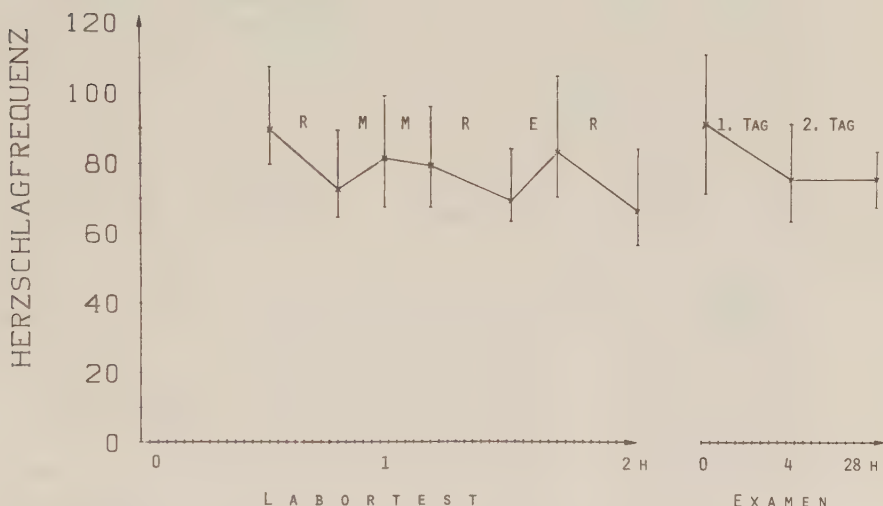


Abb. 51: Mittlere Herzschlagfrequenzen (Mediane und zentrale 66,6%-Bereiche) unter den mentalen (M) und emotionalen (E) Belastungen des 2. Laborversuchs und des Examens sowie vor und nach Ruheperioden (R)

Die in beiden Laborversuchen radiotelemetrisch kontinuierlich abgeleiteten Elektrokardiogramme (EKG) wiesen unter Ruhe- und Belastungsbedingungen keine pathologischen Veränderungen auf.

4.3. Subjektive Beanspruchung

Die Befragung der Probanden in den Feldversuchen nach der subjektiven Einschätzung der Beanspruchungen durch Beruf sowie Familie, Haushalt und Hobbies erbrachte überwiegend durchschnittliche Ergebnisse. Extreme Beurteilungen wurden von den meisten Probanden vermieden. Vermutlich aufgrund der Mehrfachbelastung einiger Frauen durch Arbeit, Haushalt und Familie fiel deren Bewertung höher aus als die der männlichen Kollegen. Die in den einzelnen Kollektiven gegebenen Beurteilungen sind in den Tab. 4 und 5 zusammengestellt.

Beanspruchungen Kollektiv	(n)	sehr leicht	leicht	anstrengend	schwer	sehr schwer
Bandarbeiterinnen						
Stopperband	(19)			18	1	
Kont. Band	(16)		1	12	1	2
Schichtarbeiter	(7)		1	3	3	
Tagarbeiter	(16)	1		5	7	3

Tab. 4: Subjektive Einschätzung der arbeitsbedingten Beanspruchung durch die Probanden

Beanspruchung Kollektiv	(n) sehr leicht anstrengend schwer sehr schwer					
	leicht					
Bandarbeiterinnen						
Stopperband	(19)	2	5	7	4	1
Kont. Band	(16)		8	5	2	1
Schichtarbeiter	(7)		5	2		
Tagarbeiter	(16)		14	2		

Tab. 5: Subjektive Einschätzung der Beanspruchung durch Haushalt und Familie der Probanden

Zur Beurteilung der Aussagefähigkeit der Befragungsergebnisse wurden im Sinne einer explorativen Datenanalyse Vergleiche zwischen den Angaben und den biochemischen Größen angestellt. Hierbei ergaben sich weder zahlenmäßig auffällige Beziehungen noch irgendwelche Trends zu den Angaben der Probanden in den Einzelstudien. Die Ergebnisse der Auswertungen sind im statistischen Anhang (Kapitel 8.) aufgeführt.

4.4. Außerberufliche Einwirkungen

Die von den Probanden zum täglichen Konsum von Genußmitteln (Zigaretten, Kaffee/Tee, Alkohol) und Medikamenten gemachten Angaben sind in der Tab. 6 zusammengestellt.

Untersuchungen	(n)	Raucher n (Zig./d, $\bar{x}$)	Alkoholtr. n (Bier, l/d, $\bar{x}$)	Kaffe/Tee n (Tassen/d, $\bar{x}$)	Medikamente n
2. Laborversuch Examen	25	5	0	5	10*
Röhrenwerk- arbeiter	33 (20)	17 (20)	30 (2)	22 (2)	7
Bandarbei- terinnen	35 (20)	16 (20)	3 (1)	33 (2)	5
Schicht- arbeiter	7 (20)	3 (20)	5 (2)	7 (2)	1
(Vergleichs- gruppe) Tagarbeiter	16 (20)	9 (20)	15 (2)	16 (2)	2

* angegebene und gefundene

Tab. 6: Angaben der Probanden zur täglichen Aufnahme von Zigaretten, Alkohol, Kaffee/Tee und Medikamenten (Zahl der Probanden und mittlere Mengen)

Bei den Medikamenten handelte es sich fast ausschließlich um Schmerz- und Beruhigungsmittel. Psychostimulantien wurden in keinem Fall angegeben und auch bei der Untersuchung des Urins anlässlich der Examensuntersuchung nicht gefunden. Als mögliche Belastungsfaktoren wurden außerdem gesundheitliche Beschwerden, die zeitliche und räumliche Entfernung vom Arbeitsplatz und die benutzten Verkehrsmittel erfaßt. Als häufigste Beschwerden klagten die gewerblichen Arbeitnehmer über Rückenschmerzen. Als Verkehrsmittel wurden vor allem Privat-PKW, Bus und Bahn benutzt. Nur wenige Arbeitnehmer erreichten den Arbeitsplatz mit dem Fahrrad oder zu Fuß. Die Wegezeiten betrugen im Mittel 1 1/2 Stunden.

Diese Einflußfaktoren sowie das Lebensalter und die Beschäftigungsdauer (s. Tab. 1, S.9 sowie Anhang, Kapitel 8.) wurden in Beziehung zu den biochemischen Parametern gesetzt und Gruppen unterschiedlicher Exposition miteinander verglichen. Bei den vorgenommenen Schichtungen mußte auf eine möglichst gleichmäßige Verteilung der übrigen Belastungsfaktoren geachtet werden. Statistisch waren zwar vereinzelt "signifikante" Unterschiede der biochemischen Parameter zwischen den untersuchten Gruppen oder Korrelationen zwischen den Faktoren festzustellen. Unter der Berücksichtigung der Tatsache, daß das Risiko zufälliger, formal statistisch "signifikanter" Befunde mit der Anzahl der durchgeführten Tests steigt (SACHS 1978), können die wenigen derartigen Ergebnisse nur als "zahlenmäßig" auffällig angesehen werden. Für diese Auffassung spricht auch das Fehlen gleichsinniger Trends in den verschiedenen Studien. Die Einzelergebnisse der statistischen Auswertungen sind im Anhang (Kapitel 8) zusammengestellt.

4.5. Korrelationen zwischen Untersuchungsparametern

In allen Studien fanden sich Korrelationen zwischen den Ausscheidungsmengen von Adrenalin und Noradrenalin und – sofern gemessen – auch zwischen den Konzentrationen von Adrenalin und Noradrenalin im Plasma. Die Beziehungen zwischen cAMP und Noradrenalin im Plasma waren weniger ausgeprägt. Am auffälligsten waren die festgestellten Beziehungen zwischen der Herzschlagfrequenz und den Plasmakonzentrationen von Noradrenalin und cAMP unter der Ergometerbelastung des 2. Laborversuchs. Zwischen den Parametern des Glucocorticoidstoffwechsels (ACTH und Cortisol) untereinander sowie diesen und anderen biochemischen Parametern bestanden keine Abhängigkeiten. Die Einzelergebnisse sind im statistischen Anhang (Kapitel 8) aufgeführt.

5. DISKUSSION

In den modernen Industriestaaten werden seit vielen Jahren Anstrengungen unternommen, Beanspruchungen des Menschen mit Hilfe von biochemischen Meßgrößen zu objektivieren, zu quantifizieren und voneinander zu differenzieren. Wegen des großen analytischen Aufwands wurden dabei bisher aber nur selten mehrere Parameter parallel untersucht (MASON 1975, FRANKENHÄUSER u. Mitarb. 1978, SCHIELE u. Mitarb. 1978, TIGRANIAN u. Mitarb. 1980). Ziel dieser Arbeit war es, verschiedene biochemische Meßgrößen anhand von Labor- und Arbeitsplatzuntersuchungen gleichzeitig auf ihre Eignung zur Beanspruchungsermittlung zu prüfen. Zudem sollte der Frage nach Möglichkeiten zur Differenzierung unterschiedlicher Beanspruchungen nachgegangen werden. Ferner erschienen vergleichende Untersuchungen zur Beanspruchung an verschiedenen modernen Arbeitsplätzen von Interesse.

Die Ergebnisse der vorliegenden Labor- und Felduntersuchungen zeigen in weitgehender Übereinstimmung mit denen der internationalen Literatur, daß genügend starke physische und psychische Belastungen verschiedene neuro-endokrinologische Reaktionen im Organismus hervorrufen. Es liegt nahe, diese als biochemische Parameter der jeweiligen Beanspruchung zu verwenden. Außer physiologischen Sekundärreaktionen und den Ergebnissen von Befragungen sind keine objektiveren und spezifischeren Kriterien für Beanspruchungen am Arbeitsplatz bekannt.

Schon der Urheber des modernen Streßkonzepts SELYE (1936, 1950, 1977, 1981) stellte die meisten der hier untersuchten biochemischen Größen in den Vordergrund. Als Verfechter der Theorie des allgemeinen unspezifischen Adaptationssyndroms postulierte er eine gleichförmige Reaktion des Organismus auf alle an ihn gestellten Anforderungen. Andere Autoren (FRANKENHÄUSER 1975, KLIMMER u. Mitarb. 1979) hielten hingegen spezifische Reaktionsmuster der biochemischen Parameter für bestimmte Einwirkungsqualitäten physischer und psychischer Art für wahrscheinlich. FUNKENSTEIN (1956) und FRANKENHÄUSER (1975) ordneten erhöhte Noradrenalin-Ausscheidungen unter psychischen Belastungen der Qualität Ärger und erhöhte Adrenalin-Ausscheidungen der Qualität Angst zu.

KLIMMER u. Mitarb. (1979) deuteten Erhöhungen der Noradrenalin-Ausscheidung unter psychischer Belastung als Ausdruck physischer Begleitreaktionen und vermehrte Adrenalin-Ausscheidungen als Hinweis auf eine emotionale Aktivierung. Da körperliche Belastungen nach neueren Untersuchungen ebenfalls - und zwar besonders starke - Erhöhungen beider Catecholamine im Plasma und Urin hervorrufen (WINDER u. Mitarb. 1978, SCHIELE u. Mitarb. 1978, GOSSLER u. Mitarb. 1978, DIMSDALE u. MOSS 1980, LEHMANN u. KEUL 1981), erscheint eine Differenzierung der wichtigsten Beanspruchungsqualitäten durch separate Messungen der Catecholamine von vornherein wenig aussichtsreich. Das gilt insbesondere für viele Arbeitsplätze, an denen praktisch regelmäßig Kombinationen der verschiedenen Belastungsformen vorliegen. Dabei können, wie RUTENFRANZ (1960) und KLIMMER u. Mitarb. (1979) hervorhoben, auch bei im Sitzen oder Stehen verrichteten Tätigkeiten versteckte körperliche Belastungen durch unwillkürliche Muskelanspannungen bei mentalen und emotionalen Belastungen wirksam werden. V.EIFF (1976b u. 1980b) benutzt die elektromyographische Ableitung von Muskel-Summenaktionspotentialen sogar als Parameter psychischer Beanspruchungen.

5.1. Differenzierung der vermuteten Beanspruchungen in den durchgeführten Studien

Bei den durchgeführten Untersuchungen lagen überwiegend physische Beanspruchungen beim Ergometertest des 1. Laborversuchs und dem Langstreckenmarsch der Soldaten vor. Mentale psychische Beanspruchungen können vor allem für den Rechentest des 1. Laborversuchs (SCHIELE u. Mitarb. 1978, KLIMMER u. Mitarb. 1979) und den Test am Aufmerksamkeitsprüfgerät (APG 2) des 2. Laborversuchs sowie für die Untersuchung der Fließbandarbeiterinnen unterstellt werden. Vorwiegend emotionale psychische Beanspruchungen waren schließlich bei den Untersuchungen mit dem Sprachverzögerer (BADIAN u. Mitarb. 1979), anlässlich des Examins (STARLINGER u. Mitarb. 1969, FRANKENHÄUSER u. Mitarb. 1978, TIGRANIAN u. Mitarb. 1980), unter Arbeitslärm (ISING u. Mitarb. 1980) sowie von den Wechselschichtarbeitern und den Bandarbeiterinnen (am Tag mit Blutentnahmen) zu erwarten.

Parameter (Studie) Belastung	A - U	NA - U	A - P	NA - P	cAMP-P	ACTH-P	C - P	HSF
<u>Physische Belastung</u>								
Ergometer	x 1,0	x 1,5		x 10,0 ⁺⁺	x 2,4 ⁺⁺	x 4,0 ⁺⁺	x 1,0	x 2,7 ⁺⁺
25km-Marsch	x 2,2 ⁺⁺	x 1,9 ⁺⁺⁺			x 1,5 ⁺⁺⁺	x 2,3 ⁺⁺⁺		x 1,1 ⁺
<u>Psycho-mentale Belastung</u>								
Rechentest	x 2,0 ⁺	x 1,9		x 0,8	x 2,0 ⁺⁺	x 1,2	x 1,4 ⁺⁺	x 1,4 ⁺⁺
APG 2 - Test	x 2,1 ⁺	x 1,2	x 0,8	x 1,0	x 1,1 ⁺	x 1,1	x 1,3 ⁺	x 1,4 ⁺⁺
Bandarbeiterinnen (ohne Blutentnahme)								
kont. Band	x 1,1	x 1,1						
kont./Stopperbd.	1,2	1,1						
<u>Psycho-emotionale Belastung</u>								
Sprachverzögerer	x 2,2 ⁺	x 1,4 ⁺	x 1,0	x 1,1	x 1,2 ⁺⁺	x 1,2	x 1,3 ⁺	x 1,6 ⁺⁺
Examen	x 4,0 ⁺⁺	x 1,5 ⁺⁺	x 1,0	x 1,0	x 1,6 ⁺⁺	x 1,8 ⁺⁺	x 2,0 ⁺⁺	x 1,4 ⁺⁺
Röhrenwerkerarbeiter								
ohne Gehörschutz	x 1,5 ⁺	x 1,1			x 1,1	x 0,6	x 0,7 ⁺⁺	
mit Gehörschutz	x 2,0 ⁺	x 1,0			x 1,0	x 0,9	x 0,7 ⁺⁺	
ohne/mit	1,0	1,2 ⁺			1,1	1,0	1,0	
Bandarbeiterinnen (mit Blutentnahme)								
kontin.Band	x 1,1	x 1,1	x 1,0	x 1,0	x 0,8	x 1,4	x 0,6	
Stopperband	x 1,0	x 1,2	x 1,0	x 1,0	x 1,0	x 0,4	x 0,7 ⁺⁺	
kont./Stopperbd.	1,2	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6 ⁺⁺	
mit/ohne Blutentn.	1,4 ⁺	1,0						
Wechselschichtarbeiter								
Frühschicht	x 2,9	x 0,8 ⁺	x 1,5	x 0,7	x 1,0	x 0,9	x 0,6	
Nachtschicht	x 1,3	x 1,1	x 1,6	x 1,3 ⁺	x 0,8 ⁺	x 1,0	x 0,6	
Tagarbeiter	x 1,5 ⁺	x 1,4 ⁺⁺	x 0,9	x 1,0	x 0,8 ⁺	x 0,7 ⁺⁺	x 0,4 ⁺⁺	
Nacht/Früh	1,5	1,1	0,4 ⁺	0,7 ⁺	1,0	0,8 ⁺	1,2	
Nacht/Tag	1,8	1,8 ⁺⁺	0,3	0,7 ⁺	0,9 ⁺	0,9 ⁺	0,6 ⁺	
Früh/Tag	1,2	1,7 ⁺	1,0	1,1	0,8 ⁺	0,9	0,5 ⁺	

Tab.7: Zusammenfassung der wichtigsten Untersuchungsergebnisse geordnet nach der Art der zu vermutenden Belastung; dargestellt sind die Relationen der Medianwerte in charakteristischen Belastungsphasen zu den Ruhe- bzw. Ausgangs- oder Erholungswerten sowie die Relationen der Medianwerte bei Kollektivvergleichen; die statistisch bzw. zahlenmäßig auffälligen Ergebnisse sind durch ⁺ gekennzeichnet; die Irrtumswahrscheinlichkeiten (⁺<0,05, ⁺⁺<0,01, ⁺⁺⁺<0,001) beziehen sich auf die Einzeltests ohne Berücksichtigung der Problematik multipler Tests

Wie die Tab. 7 mit den wichtigsten Ergebnissen der verschiedenen Untersuchungen in charakteristischen Phasen zeigt, konnten keine absolut spezifischen Reaktionsmuster der biochemischen Parameter für die einzelnen Beanspruchungsqualitäten ermittelt werden. Dies traf insbesondere für die Catecholamine und das cAMP zu. Lediglich die in Relation zum Noradrenalin noch stärkere Erhöhung der Adrenalin-Ausscheidung am 1. Examenstag hätte das Vorliegen einer erheblichen emotional-psychischen Beanspruchung vermuten lassen können. Das steht in Übereinstimmung mit den neuen Untersuchungsergebnissen von LEHMANN u. Mitarb. (1982), die bei submaximalen "konzentrativen" Belastungen (Motorrennsport) ähnlich hohe Noradrenalin-Ausscheidungen, aber 3mal höhere Adrenalin-Ausscheidungen als nach submaximaler Körperarbeit (z.B. 10.000 m-Lauf) feststellten. Für das Cortisol und das ACTH im Plasma können nach den vorliegenden Ergebnissen auch keine spezifischen Reaktionen auf mentale und emotionale psychische Belastungen vermutet werden. Die Reaktionen dieser Parameter auf psychische Belastungen scheinen nur gering ausgeprägt zu sein. Allerdings rufen offensichtlich erst sehr hohe physische Belastungen ebenfalls Erhöhungen dieser Parameter hervor.

5.1.1. Reaktionsmuster bei physischen Beanspruchungen

Bemerkenswerte Unterschiede der verschiedenen Parameter bestanden vor allem in quantitativer Hinsicht. So wurden unter den physischen Belastungen die deutlichsten Erhöhungen für beide Catecholamine im Urin sowie Noradrenalin und cAMP im Plasma von allen Untersuchungen festgestellt. Die Plasma-Cortisol-Konzentrationen reagierten während der Ergometerbelastung zwar ebenfalls erheblich, aber erst mit einer Verzögerung von etwa 20 min und einer Nachreaktion von bis zu einer Stunde. Aufgrund des fast unmittelbaren Anstiegs des ACTH-Spiegels unter submaximalen körperlichen Belastungen ist anzunehmen, daß es sich bei der Erhöhung des Cortisol-Spiegels um die verzögerte Antwort der Nebennierenrinde auf die ACTH-Stimulation handelte. Wie die Ergebnisse der Cortisol-Spiegel und der Ausscheidungsmengen der 17-Oxisteroide beim Langstreckenmarsch zeigten (GOSSLER u. Mitarb. 1978, SCHIELE u. Mitarb. 1978), rufen hingegen selbst relativ hohe körper-

liche Dauerbelastungen keine wesentlichen Veränderungen der Glucocorticoid-Freisetzung hervor. Generell scheint das Hypophysen-Nebennierenrinden-System längere und stärkere Reize zum Ansprechen zu benötigen als das Sympathikus-Nebennierenmark-System (LINDVALL u. Mitarb. 1973).

5.1.2. Reaktionsmuster bei mentalen Beanspruchungen

Unter den vorwiegend mentalen Belastungen am Aufmerksamkeitsprüfgerät (APG 2) im 2. Laborversuch waren alle Parameter nur gering oder überhaupt nicht im Vergleich zu den Ruhe- bzw. Ausgangswerten verändert. Beim Rechentest im 1. Laborversuch kam es hingegen zu leichten Erhöhungen von cAMP und Cortisol im Plasma. Dies könnte aber auch auf emotionalen Mitreaktionen - etwa infolge des erzeugten Zeitdrucks - beruhen. FRANKENHÄUSER (1975) ordnete Erhöhungen des Cortisolspiegels den Qualitäten Resignation und Depression zu. FRANCIS (1979) vermutete außerdem Beziehungen zu den Emotionen Angst und Ärger. FELIXBERGER u. Mitarb. (1982) interpretierten erhöhte Plasma-Cortisol-Werte hingegen als Ausdruck einer mentalen Beanspruchung.

5.1.3. Reaktionsmuster bei emotionalen Beanspruchungen

Die untersuchten emotionalen Belastungen führten ebenfalls nur zu relativ geringen Änderungen der biochemischen Parameter im Vergleich zu den Ruhe- und Ausgangswerten. Vor bzw. während der Prüfung reagierten vor allem die Adrenalin-Ausscheidung mit einem Anstieg auf das 4fache sowie das Cortisol und das cAMP im Plasma mit Erhöhungen der Mediane um ca. das 2fache, weniger stark das ACTH im Plasma und die Noradrenalin-Ausscheidung mit Anstiegen um ca. das 1,5fache. Die Plasma-Catecholamine wiesen vor und nach dem Examen hingegen überhaupt keine Beziehungen zu den Belastungsunterschieden auf.

5.1.4. Relation der Catecholamine bei unterschiedlichen Beanspruchungen

Die Relation von Adrenalin und Noradrenalin im Urin zueinander änderte sich unter den mentalen und emotionalen Belastungen der beiden Laborversuche und der Feldstudien nicht wesentlich. Nur während des 1. Examenstages kam es zu einer deutlichen

Verschiebung zugunsten des Adrenalins. So erscheint eine Differenzierung von physischen und psychischen oder sogar mentalen und emotionalen psychischen Beanspruchungen mittels Catecholamin-Analysen, wie sie z.B. KLIMMER u. Mitarb. 1979 postulierten, nur bei außergewöhnlichen Beanspruchungssituationen möglich (LEHMANN u. Mitarb. 1982). Die Soldaten nach dem Langstreckenmarsch wiesen z.B. ein ähnliches Ausscheidungsmuster für beide Catecholamine auf wie die Examenskandidaten (s. Abb. 12 u. 19).

Adrenalin und Noradrenalin im Plasma scheinen außer auf psychische auch erheblich auf physische Belastungen anzusprechen. Bei maximaler Ergometerbelastung fanden LEHMANN u. KEUL (1981) Erhöhungen von Adrenalin um das 8fache und von Noradrenalin um das 10fache. Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen auch WINDER u. Mitarb. (1979) bei der Untersuchung von untrainierten Personen. Nach einem Training stiegen die Noradrenalin-Konzentrationen nur noch bis zum 5fachen, Adrenalin nur noch bis zum 2fachen der Ruhewerte.

DIMSDALE u. MOSS (1980a) stellten bei körperlicher Belastung (4 min Treppensteigen) Erhöhungen von Adrenalin um den Faktor 1,5 und von Noradrenalin um den Faktor 3 gegenüber den Ausgangswerten fest. Bei emotionaler Belastung (3 min öffentliches Reden) änderte sich das Verhältnis zugunsten von Adrenalin. Die Anstiege betrugen hierbei für Adrenalin das 3fache und für Noradrenalin das 1,5fache der Ausgangswerte.

Auf allgemein als stark angesehene und längerdauernde emotionale und mentale Belastungen, wie sie in den vorliegenden Untersuchungen zumindest für das Examen zu unterstellen sind, reagieren die Plasma-Catecholamine hingegen anscheinend u.U. überhaupt nicht. Als Ursache für diesen zunächst überraschenden Befund kommen zum einen relativ schnelle Anpassungsreaktionen der Plasma-Catecholamine an neue Situationen in Betracht. So konnten z.B. DIMSDALE u. MOSS (1980b) bei öffentlichem Reden bereits nach 15 min wieder normalisierte Plasma-Catecholamin-Spiegel feststellen. Zum anderen ist es aber auch denkbar, daß das Aktivierungsniveau der Probanden aufgrund des bevorstehenden Examens zum Zeitpunkt des Laborversuchs zu hoch war, um sich in wesentlichen weiteren Erhöhungen der Plasma-

Catecholamin-Spiegel zu repräsentieren. Schließlich ist die Catecholamin-Bestimmung im Plasma aber auch mit so großen methodischen Problemen verbunden, daß Analysenfehler das Fehlen von Beanspruchungsreaktionen vortäuschen können. Letztere Annahme liegt aufgrund der im Vergleich zu Referenzwerten der internationalen Literatur z.T. wesentlich höheren Meßwerte (GOSSLER 1980) und der Tatsache nahe, daß die Einzelwerte keine Beziehungen zu den unterschiedlichen Situationen aufweisen (SCHIELE 1981). Für die Präzision der verwendeten Analysenverfahren sprechen hingegen die direkte Abhängigkeit der Meßwerte von der Ergometerbelastung für das Noradrenalin und die für die Plasma-Catecholamine untereinander stets gefundenen Korrelationen.

5.1.5. Verhalten der Herzschlagfrequenz bei verschiedenen Beanspruchungen

Von besonderem Interesse für die arbeitsmedizinische Praxis ist das Verhalten der Herzschlagfrequenz im Vergleich zu dem der biochemischen Parameter unter verschiedenen Bedingungen. Für sie ist ein dem Plasma-Noradrenalin und dem cAMP weitgehend paralleles Verhalten zu beobachten, was für die große Bedeutung der Sympathikus-Aktivität hinsichtlich der Regulation der Herzschlagfrequenz unter Belastungen spricht. Die höchsten Werte wurden erwartungsgemäß bei der Ergometerbelastung gemessen, die zweithöchsten während der emotionalen Belastung vor dem Examen und relativ geringe, meist nur vorübergehende, unter den mentalen Belastungen der beiden Laborversuche. Eine Differenzierung unterschiedlicher Beanspruchungen ist daher auch mit der Herzschlagfrequenz allein oder in Kombination mit anderen Parametern kaum durchführbar.

5.2. Kriterien für die Wahl der Beanspruchungsparameter und des Probenmaterials

5.2.1. Abschätzung der Validität der Beanspruchungsparameter

Wichtige Kriterien für die Beurteilung bzw. Wahl eines Analysenverfahrens sind seine Spezifität und Empfindlichkeit (Sensibilität) - zusammen als Validität bezeichnet - , mit der eine zu erkennende Situation richtig eingestuft wird. Eine mathematisch exakte Festlegung der Validität der biochemischen Beanspruchungsparameter ist aber vor allem für psychische Beanspruchungen nicht möglich, da sich die zugrundeliegende Belastung, die individuelle psychische Leistungsfähigkeit und schließlich die psychische Beanspruchung als solche einer Quantifizierung entziehen. Validitätskriterien für Stressoren und Streß existieren nur aufgrund gesellschaftlicher Übereinkunft (BARTHOLOMEYCZIK 1979). Sie können darum nach den Ergebnissen der verschiedenen Studien nur abgeschätzt werden. Da praktisch kein Parameter hochspezifisch für bestimmte Beanspruchungen zu sein scheint, ist vor allem die Frage nach ihrer Empfindlichkeit zu prüfen, d.h. ab welchen "Schwellenwerten" der Belastungen die Beanspruchungsparameter ungefähr ansprechen. Dabei ist allerdings zu beachten, daß die Ergebnisse wegen des individuellen Charakters von Beanspruchungen nicht unmittelbar auf andere Kollektive übertragen werden können.

Unter physischen Belastungen waren signifikante Erhöhungen von Noradrenalin, cAMP und ACTH im Plasma erst für Leistungen von 150 - 200 W über 5 min festzustellen. Die Resultate des Langstreckenmarsches und neuere sportmedizinische Untersuchungen (LEHMANN u. KEUL 1981) sprechen dafür, daß sowohl Noradrenalin als auch Adrenalin im Plasma und Urin schon bei körperlichen Belastungen unterhalb der Dauerleistungsgrenze reagieren, also durchaus empfindlich für physische Beanspruchungen sind. PLANZ u. Mitarb. (1975) fanden signifikant erhöhte Plasma-Catecholamin-Konzentrationen bereits bei einer Ergometerbelastung von 12,5 W/ 5 min. Bei Untersuchungen von psychischen Beanspruchungen sind begleitende körperliche Belastungen demnach als wesentliche Störfaktoren zu berücksichtigen. Aus diesem Grund wurde bei allen Untersuchungen am Arbeitsplatz und

im 2. Laborversuch auf möglichst geringe körperliche Belastungen geachtet.

Bei mentalen Beanspruchungen bewirken anscheinend erst größere Intensitäten - z.B. ein Rechentest - Erhöhungen vor allem von Cortisol und cAMP im Plasma. Hierbei könnte es sich allerdings auch um die Folgen einer emotionalen Mitaktivierung handeln. Die den Verhältnissen am Arbeitsplatz mehr entsprechende Belastung am Aufmerksamkeitsprüfgerät (APG 2) repräsentierte sich nur in leichten Erhöhungen der Adrenalin-Ausscheidung mit dem Urin und z.T. auch des cAMP im Plasma, nicht aber in Reaktionen der übrigen Plasma-Parameter.

Annähernd dasselbe galt für die emotionale Beanspruchung am Sprachverzögerer, unter der es neben Anstiegen beider Catecholamine im Urin auch zu Erhöhungen des cAMP im Plasma kam. Erst die Plasma-Parameter vor dem Examen bzw. die Urin-Parameter während des ersten Prüfungstages zeigten stärkere Erhöhungen.

Zusammenfassend scheinen die biochemischen Beanspruchungsparameter insbesondere auf psychische Belastungen weder besonders spezifisch noch empfindlich zu reagieren. Die Ergebnisse machen ferner deutlich, daß die Parameter selbst und insbesondere auch in Abhängigkeit von dem Probenmaterial, in dem sie gemessen werden, einen unterschiedlichen Aussagewert im Hinblick auf mehr chronische oder mehr akute Beanspruchungen haben. Die Analysenwerte von Plasma- und Urinproben sind darum nur selten direkt miteinander vergleichbar (s. Kapitel 5.2.4).

5.2.2. Zirkadiane Rhythmik der biochemischen Beanspruchungsparameter

Als größter Nachteil der Parameter des Hypophysenvorderlappen-Nebennierenrinden-Systems, wie ACTH und Cortisol, ist ihre ausgeprägte zirkadiane Rhythmik anzusehen. Das auch hierbei bestehende interindividuell unterschiedliche Verhalten macht es vor allem bei Verlaufsuntersuchungen schwierig, spontane Änderungen der Konzentrationen von beanspruchungsbedingten zu unterscheiden. Das gilt insbesondere für Untersuchungen in den frühen Morgenstunden, wo der physiologische Abfall der Parameter am ausgeprägtesten ist. Ferner werden ACTH und Cortisol im Tagesverlauf in mehreren Schüben in das Blut abgegeben, was die Interpretation von Konzentrationsänderungen weiter erschwert (TURTON u. DEEGAN 1975, WEITZMANN u. Mitarb. 1977, ÅKERSTEDT u. LEVI 1978). Abgesehen von vergleichenden Untersuchungen zu identischen Tageszeiten (WEGNER u. Mitarb. 1981) sind die Plasma-Spiegel von Cortisol und ACTH und auch die Ausscheidungsmengen der 17-Oxisteroide (GOSSLER u. Mitarb. 1978) daher für arbeitsmedizinische Beanspruchungsanalysen kaum geeignet. Biologische Rhythmen mit Maximalwerten in den frühen Abendstunden und Minimalwerten am Morgen sind auch für die Catecholamine und das cAMP bekannt (HOLMES u. Mitarb. 1974, MIKUNI u. Mitarb. 1976). Jedoch scheinen die Oszillationen mit $\pm 10 - 60 \%$ wesentlich geringer zu sein als für das Cortisol. Z.T. gehen die Tagesschwankungen auf die geringere Aktivität des sympatho-adrenalen Systems während des Schlafs zurück (TOWNSHEND u. SMITH 1973, KATO u. Mitarb. 1980, WISSER u. BREUER 1981, VOKAC 1981). Die Ausscheidungsmengen von Adrenalin scheinen wesentlich auch von den persönlichen Aktivitätsmaxima bestimmt zu werden, wonach sich "Frühaufsteher" von "Nachtmenschen" unterscheiden lassen (PATKAI 1971).

5.2.3. Zeitlicher Zusammenhang zwischen Belastungen und Beanspruchungsreaktionen

Bei der Interpretation der Ergebnisse biochemischer Beanspruchungsanalysen ist auch die zeitliche Assoziation der gemessenen Parameter mit der zugrundeliegenden Beanspruchung von erheblicher Bedeutung. Vor allem bei Plasmaanalysen muß man die Zeitdifferenz zwischen der Beanspruchung und dem "Ansprechen" der Meßgröße kennen und bei der Zuordnung der Meßwerte berücksichtigen. Wie die Abb. 52 darstellt, folgt der zeitliche Ablauf der Beanspruchungsreaktion einem definierten Kaskadensystem. Die genauen zeitlichen Verhältnisse sind hierbei allerdings noch unklar. Nach dem relativ dichten Zeitraster des 1. Laborversuchs liegen die "Ansprechzeiten" zwischen wenigen Minuten für die Catecholamine, das ACTH und das cAMP und bis über 20 min für das Cortisol im Plasma. EVERSMANN u. Mitarb. (1979) fanden bei experimenteller Kinetose sogar Verzögerungen der Plasma-Cortisol-Reaktionen von mehr als 30 min. Die relativ lange Latenzzeit zwischen ACTH-Ausschüttung und Cortisol-Antwort dürfte auch die fehlende Korrelation zwischen beiden Faktoren in den verschiedenen Studien erklären.

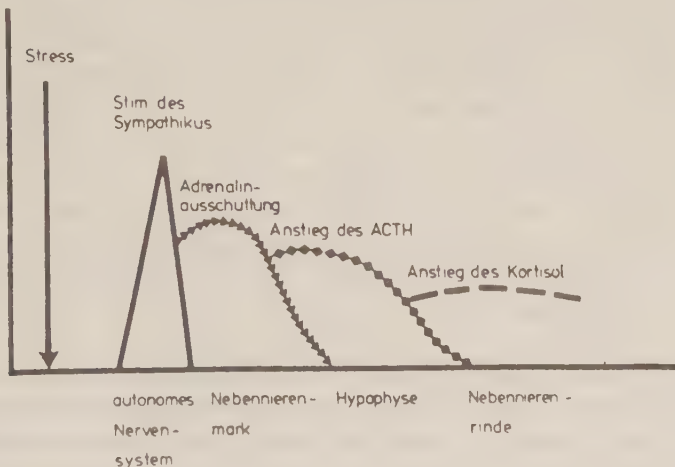


Abb. 52: Zeitliche Reihenfolge und Dauer der biochemischen Konzentrationsveränderungen streßtypischer Indikatoren im Blutplasma mit Angabe der beteiligten Organsysteme und Komponenten (aus KIET HOLZ 1976)

Ein weiteres Problem stellt die Persistenz von Erhöhungen der biochemischen Parameter noch nach Beendigung von Belastungen sowie deren etwaiges kumulatives Verhalten bei chronischen Belastungen dar. Diese Fragen stehen im Zusammenhang mit den biologischen Halbwertszeiten der Meßgrößen im Blutplasma (s. Kapitel 5.2.4.).

5.2.4. Vergleich von Plasma- und Urin-Analysen

Plasma-Analysen lassen im wesentlichen nur Rückschlüsse auf die momentane Beanspruchung zu. Dies ist bei den kurzen biologischen Halbwertszeiten der Plasma-Catecholamine von weniger als 5 min (HAGBERG u. Mitarb. 1979) besonders gravierend. Etwas längere Halbwertszeiten scheinen das cAMP und das ACTH mit ca. 10 min und das Cortisol mit ca. 30 min (FEW 1974) aufzuweisen. Die Auswirkungen dieses diskrepanten Verhaltens sind vor allem bei den Analysenergebnissen nach dem Langstreckenmarsch zu beobachten. Im Vergleich zu den Ergebnissen der Ergometerbelastung ist hierbei das cAMP gegenüber dem Plasma-Noradrenalin überproportional erhöht. Da unter Arbeitsplatzbedingungen nur selten während oder unmittelbar nach besonderen Beanspruchungen Blutentnahmen durchgeführt werden können, bestehen nur relativ geringe Aussichten, mit biochemischen Analysen - insbesondere der Plasma-Catecholamine - akute arbeitsbedingte Beanspruchungen aufzudecken. Hierfür ist eher noch das cAMP mit seinem etwas kumulativen Verhalten geeignet, was sich z.B. bei der Untersuchung anlässlich des Exams erwies. Wie die Ergebnisse der Arbeitsplatzuntersuchungen vermuten lassen, prägen sich geringe chronische Belastungen u. U. überhaupt nicht in Veränderungen der Plasma-Parameter aus. Die Catecholamin-Ausscheidungen bei den Bandarbeiterinnen am Untersuchungstag ohne Blutentnahme zeigen aber, daß Blutentnahmen selbst als mögliche Beanspruchungsursachen anzusehen sind (MASON u. Mitarb. 1973), die die zu erfassenden arbeitsbedingten Beanspruchungen zumindest überlagern oder sogar übertreffen können. Möglicherweise erklären psychische Reaktionen auf die Blutentnahme teilweise auch die erheblichen Unterschiede der Plasma-Catecholamin-Werte bei der Untersuchung der Wechselschichtarbeiter.

Im Gegensatz zu dem punktuellen Charakter von Plasma-Analysen erlauben Urin-Analysen nur integrative Aussagen hinsichtlich der Beanspruchung im Zeitraum der Urinsammlung. Beanspruchungsspitzen, wie sie z.B. unter Ergometer-Belastung für das Plasma-Noradrenalin zu beobachten waren, werden durch zwischenzeitliche Ruheperioden u.U. so nivelliert, daß es zu keinen meßbaren Veränderungen der Konzentrationen im Urin kommt. Hingegen werden offensichtlich auch vergleichsweise geringe Unterschiede von langdauernden Beanspruchungen, wie z.B. bei den Arbeitsplatzstudien, durch den kumulativen Charakter der Urinproben deutlich.

Einige wesentliche Kriterien für die Wahl des Untersuchungsmaterials sind in der Tab. 8 dargestellt.

<u>KRITERIUM</u>	<u>URIN</u>	<u>BLUT</u>
GEWINNUNG	NICHT BELASTEND	BELASTEND
KONZENTRATION	UNTERSCHIEDLICH	KONSTANT
AUSSAGE	INTEGRATIV	PUNKTUELL
METABOLITEN	VIEL	WENIG
STABILITÄT	HOCH	NIEDRIG
ANALYTIK	REL. EINFACH	SCHWIERIG

Tab. 8: Kriterien für die Wahl des Untersuchungsmaterials
(aus SCHIELE 1981)

So werden mit den biochemischen Analysen bei Blutuntersuchungen chronische Beanspruchungen und bei Urinuntersuchungen kurzzeitige akute Beanspruchungen weitgehend nicht erfaßt. Auch nur annähernd kontinuierliche Beanspruchungsanalysen können mit biochemischen Parametern grundsätzlich nicht durchgeführt werden, da die Entnahme von biologischem Material nicht beliebig wiederholbar ist, und die Einzelanalysen zeit- und kostenintensiv sind. Erforderlichenfalls empfiehlt sich eine Ergänzung

durch physiologische Meßgrößen, die eine Echtzeitregistrierung erlauben. Als Standardverfahren hat sich hierbei die Überwachung der Herzschlagfrequenz bewährt (SCHÄCKE 1976).

5.2.5. Zusammenfassende Bewertung der Beanspruchungsparameter und des Probenmaterials

Bei Abwägung aller Vor- und Nachteile (Tab. 9) dürfte die differenzierte Bestimmung der Urin-Catecholamine für biochemische Beanspruchungsanalysen am Arbeitsplatz auch weiterhin die Methode der Wahl sein. Für die Erfassung hoher Akutbelastungen hat das cAMP als Plasma-Parameter wegen seiner mittellangen biologischen Halbwertszeit und seiner geringen zirkadianen Rhythmik sowie aus analytischen Gründen die wesentlichsten Vorteile.

<u>PARAMETER</u>	<u>BEANSPRUCHUNGS- AUSSAGE</u>	<u>VORTEILE</u>	<u>NACHTEILE</u>
ACTH	<u>PSYCHISCH</u>	STANDARD	CIRCADIANER RHYTHMUS
CORTISOL	U. <u>STARK</u> PHYSISCH		
cAMP	PSYCHISCH U. PHYSISCH	METHODEN	GLOBALPARAMETER
ADRENALIN-PL.	<u>PSYCHISCH</u> U. PHYSISCH	MOMENTAN- AUSSAGE	AUFWENDIGE ANALYTIK KURZE BIOL. HALBWERTSZ.
NORADRENALIN-PL.	<u>PHYSISCH</u> U. PHYSISCH		
ADRENALIN-U.	<u>PSYCHISCH</u> U. PHYSISCH	EINFACHE ANALYTIK	INTEGRATIVE AUSSAGE
NORADRENALIN-U.	<u>PHYSISCH</u> U. PHYSISCH		

Tab. 9: Aussagefähigkeit sowie wesentliche Vor- und Nachteile der biochemischen Beanspruchungsparameter

5.3. Normalwerte und Grenzwerte

Für die praktische Anwendung sind schließlich die Fragen nach dem etwaigen Vorliegen von "Normalwerten" bzw. oberen Toleranzwerten sowie der Größe interindividueller Unterschiede von Bedeutung. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen und auch die der internationalen Literatur erlauben hierzu noch keine abschließende Beurteilung (GOSSLER 1980). Die weitgehende Übereinstimmung der Meßwerte nach mehrstündiger Bettruhe, kurzzeitigem Liegen und Sitzen im 1. Laborversuch spricht für die Verwendbarkeit auch kurzer Ruheperioden als Bezugsgrößen bei Beanspruchungsuntersuchungen. Hingegen wurden von einigen Autoren allein durch Änderung der Körperlage - vom Liegen zum Stehen - bleibende Anstiege der Plasma-Catecholamine (CHRISTENSEN u. BRANDSBORG 1973, CAMPESE u. Mitarb. 1980) bzw. nur des Noradrenalin (LÜTHOLD u. Mitarb. 1976, ROBERTSON u. Mitarb. 1979, HENRY u. Mitarb. 1979) um etwa das 2fache registriert. Die z.T. beträchtlichen Unterschiede der Ruhe- bzw. Ausgangswerte zwischen den Einzelstudien dürften zum großen Teil auf systematische methodische Abweichungen zurückgehen. Ebenso wie bei Vergleichen mit den Resultaten anderer Autoren ist man daher im wesentlichen auf die Beurteilung relativer Unterschiede zwischen Ruhe- und Belastungswerten der untersuchten Probanden angewiesen (KLIMMER u. Mitarb. 1972). Absolute Beanspruchungsaussagen aufgrund einzelner Belastungswerte können bisher nicht gemacht werden. Darum werden von einigen Autoren auch nur die prozentualen Abweichungen der Belastungswerte von den individuellen Ruhe- bzw. Ausgangswerten angegeben. Gegen dieses Verfahren ist aber einerseits einzuwenden, daß die Personen mit den höchsten Ruhewerten durchaus nicht immer die höchsten Belastungswerte aufweisen. Zum anderen ist es aber auch wegen der Schwierigkeiten der Gewinnung echter Ruhewerte und der damit verbundenen Unsicherheiten in den Bezugsgrößen anfechtbar (IMMICH 1974). Aus diesem Grund sind in den vorliegenden Untersuchungen die "Echtwerte" herangezogen worden. Allerdings werden bei diesem Vorgehen - aufgrund der oft großen individuellen Streubreiten - bestehende Unterschiede bei Verlaufsuntersuchungen oder vergleichenden Untersuchungen rechnerisch eher unterbewertet.

So lagen z.B. die bei der Examensuntersuchung festgestellten Erhöhungen der Medianwerte der Parameter in einer Größenordnung von nur ca. dem 2fachen. Andere Untersucher fanden bei starker psychischer Belastung, wie sie ein Examen darstellt, hingegen prozentuale Erhöhungen bis etwa zum 7fachen der Ausgangswerte (TIGRANIAN u. Mitarb. 1980). Allerdings könnte dies auch daran liegen, daß mündliche Prüfungen als belastender angesehen werden als die hier untersuchte schriftliche Prüfung. Nach den Ergebnissen der Laborversuche und der Examensuntersuchung sowie den Untersuchungen anderer Autoren (KLIMMER u. Mitarb. 1972, BORSCH-GALETKE 1977, MELTON u. Mitarb. 1978) könnten als relative obere "Normgrenze" bei psychischen Beanspruchungen für das cAMP und die Urin-Catecholamine Erhöhungen gegenüber den Ruhewerten um etwa den Faktor 2 - 3 angesehen werden. Darüberliegende Werte dürften als erhöht gelten, auch wenn eine unmittelbare gesundheitliche Relevanz daraus nicht abzuleiten wäre. Bei den Arbeitsplatzuntersuchungen wurden derartige Erhöhungen nur in Ausnahmefällen erreicht. In neueren klinischen Studien konnten auch nach operativen Eingriffen (NISTRUP MADSEN u. Mitarb. 1978) und nach Herzinfarkten (LUKOMSKY u. Mitarb. 1972) keine stärkeren Reaktionen dieser Parameter im Blutplasma festgestellt werden. KLENSCH u. GÖTT (1970) fanden bei Operationen hingegen als Extremwerte Erhöhungen von Adrenalin um den Faktor 20 und von Noradrenalin um den Faktor 11.

5.4. Disk u s i o n d e r A r b e i t s p l a t z u n t e r - s u c h u n g e n

Aufgrund der Unsicherheit in der Zuordnung der biochemischen Parameter zu bestimmten Beanspruchungsqualitäten und der großen inter- und intraindividuellen Streubreiten der Meßergebnisse bieten sich zur Gewinnung von ersten praktischen Erfahrungen am Arbeitsplatz am ehesten Verlaufsuntersuchungen mit denselben Probanden an. Die Probanden fungieren hierbei als eigene Kontrollen (HÜLZEL u. Mitarb. 1982). Sofern dies nicht zu realisieren ist, müssen Vergleichsuntersuchungen von Kollektiven durchgeführt werden, deren Arbeitsbedingungen sich in möglichst nur einem Faktor voneinander unterscheiden.

Daher wurden alle hier vorgestellten Labor- und Feldstudien als derartige intra- bzw. interindividuelle Vergleiche konzipiert. Darüberhinaus mußte wegen der schwierigen Erfassung psychischer Belastungen auf möglichst gut definierte Unterschiede geachtet werden.

5.4.1. Berufliche Lärmeinwirkung

Die Untersuchung der Arbeiter des Stahlröhrenwerks erfolgte zur Feststellung der Bedeutung von Arbeitslärm als allgemeiner "Stressor". Neben den bekannten schädigenden Wirkungen von Schalldruckpegeln über 90 dB(A) auf das Innenohr werden von verschiedenen Autoren auch sog. "extraaurale" Lärmwirkungen auf den Gesamtorganismus postuliert (v.EIFF u. Mitarb. 1974, KLOTZBÜCHER 1976, JANSEN 1978 u. 1981a u. b, ISING u. Mitarb. 1980, SZADKOWSKI 1980). Hierbei stehen neben vorübergehenden vegetativen Erscheinungen z.B. auch andauernde Blutdruckerhöhungen zur Diskussion. Inwieweit die gemessenen Reaktionen von gewissen Randbedingungen, wie z.B. dem Frequenzspektrum, dem Rhythmus und dem Informationsgehalt der Schalleinwirkung, der Erwartungsspannung und dem subjektiven Belastungsgefühl sowie der Kombination mit anderen Arbeitsplatzeinwirkungen abhängen, ist noch weitgehend ungeklärt (DIEBSCHLAG 1974). Zur Beantwortung einiger dieser Fragen scheint die Untersuchung von an "Lärmarbeit" gut adaptierten Personen besonders geeignet, da bei ihnen überwiegend psychogene Reaktionen auf den Arbeitslärm weitgehend auszuschließen sind. Die äquivalenten Dauerschallpegel lagen in dem Stahlröhrenwerk im Median bei 105 dB(A), also deutlich über dem als kritische Grenze für die Entstehung einer Lärmschwerhörigkeit geltenden Wert von 90 dB(A). Das gewählte Versuchsregime mit Untersuchung derselben Probanden an einem Arbeitstag ohne und an einem zweiten Tag mit Kapselgehörschützern erlaubte den intraindividuellen Vergleich der hormonellen Reaktionen auf die Lärmeinwirkung. Aufgrund der im Median nur geringfügig höheren Konzentrationen der Catecholamine im Urin und des cAMP im Plasma bei fehlenden Unterschieden der übrigen Plasma-Parameter ist zu schließen, daß selbst eine hohe Dauerlärmbelastung keine wesentliche Rolle als "Stressor" spielen muß. ISING u. Mitarb. (1980) fanden hin-

gegen mit einem ähnlichen Versuchsaufbau schon bei Schalldruckpegeln von 85 dB(A) signifikante Erhöhungen der Catecholamin-Ausscheidung. Dieser widersprüchliche Befund könnte z.B. durch ein anderes Frequenzspektrum, einen größeren Anteil an Impuls-lärm und schließlich auch in äußeren Umständen der Untersuchung selbst begründet sein. Insbesondere bei den Wirkungen von Umweltlärm, z.B. von Flugzeugen und dem Straßenverkehr, auf die betroffenen Anwohner dürften psychische Momente an etwaigen "Stressreaktionen" wesentlich beteiligt sein.

5.4.2. Fließbandarbeit

Bei der Untersuchung der Fließbandarbeiterinnen stand die Frage nach Unterschieden in der Auswirkung von verschiedenen Bandarten bei prinzipiell gleichen Tätigkeiten im Vordergrund. Hierbei wurde von der Hypothese ausgegangen, daß die Durchführung von Arbeiten an einem kontinuierlich laufenden Band zu einer höheren Beanspruchung führen könnte als die an einem - in einem gewissen Bereich individuell steuerbaren - Stopperband. Ähnlich wie bei den Untersuchungen der Arbeiter des Stahlröhrenwerkes lagen die Medianwerte der Urin-Catecholamine am kontinuierlichen Band aber nur geringfügig höher als am Stopperband. Die übrigen Untersuchungsparameter wiesen keine Unterschiede zwischen beiden Kollektiven auf. Die Plasma-Cortisol-Spiegel waren am Stopperband z.T. sogar signifikant höher als am kontinuierlichen Band. TIMIO u. GENTILI (1976) und TIMIO u. Mitarb. (1979) stellten bei Fließband- und Akkordarbeitern synchrone Erhöhungen der Noradrenalin- und Adrenalin-Ausscheidung im Vergleich zu nach Regellohn (Zeitlohn) bezahlten Arbeitern um das 2- bis 4,5fache fest. Auch BORSCH-GALETKE (1977) fand bei Einzel- und Bahnakkordarbeit etwa um das 2 - 3fache gegenüber Zeitlohnarbeit gesteigerte Adrenalin- und Noradrenalin-Ausscheidungen.

Eine erhöhte berufliche Beanspruchung der von uns untersuchten Fließbandarbeiterinnen konnte aufgrund der nur gering von den Ruhe- bzw. Ausgangswerten der übrigen Untersuchungen abweichenden Analysenergebnissen hingegen nicht wahrscheinlich gemacht werden.

Interessant war die Auswirkung des Verzichts auf Blutentnahmen bei der 2. Untersuchung derselben Frauen. Die Ausscheidungsmengen der Catecholamine mit dem Urin lagen hier z.T. signifikant unter denen des Versuchstages mit Blutentnahmen. Die Unterschiede der Catecholamin-Ausscheidung zwischen den Teilkollektiven änderten sich hingegen nicht. Hieraus ist zu schließen, daß Blutentnahmen für daran nicht gewöhnte Personen u.U. wesentliche zusätzliche Belastungen darstellen, die sogar die von der Arbeit ausgehenden übertreffen können.

5.4.3. Wechselschichtarbeit

Wechselschicht- und insbesondere Nachtarbeit gehören zu den umstrittensten Arbeitsformen, da sie dem physiologischen Rhythmus des Menschen nur unzureichend angepaßt sind. Das gilt insbesondere für Wechselschichtarbeit unter Einschluß von Nacht- und Wochenendarbeit, sog. "kontinuierliche Arbeit", bei mehrtägigen Nachtschichtperioden. Nichtsdestoweniger sind Arbeiten zu außergewöhnlichen Zeiten vor allem aus ökonomischen, z.T. auch technischen und sozialen Gründen im Zunehmen begriffen. Die derzeitige Zahl an Wechselschicht- bzw. Nachtarbeitern wird in der Bundesrepublik Deutschland auf 3,5 Mill. geschätzt (RUTENFRANZ 1980). Als mögliche gesundheitliche Folgen stehen vor allem Schlaf- und Appetitstörungen sowie Beschwerden und Erkrankungen des Magen-Darm-Trakts zur Diskussion (RUTENFRANZ 1973 und 1980, FRÖBERG u. ÅKERSTEDT 1974). Es ist eine plausible Hypothese, daß die Verrichtung gleichartiger Tätigkeiten zu außergewöhnlichen Zeiten eine höhere psychische Beanspruchung bewirkt als zu normalen Zeiten. Zur Prüfung dieser Frage untersuchten wir Wechselschichtarbeiter, die überwiegend bereits seit mehreren Jahren "kontinuierliche Arbeit" verrichteten, sowohl in der Früh- als auch in der Nachtschicht. Als Kontrollgruppe standen Dauertagarbeiter aus derselben Firma und Abteilung zur Verfügung, die gleichartige Tätigkeiten ausübten. Überraschenderweise wiesen die Tagarbeiter im Vergleich zu den Wechselschichtarbeitern insbesondere für die Plasma-Catecholamine aber höhere Meßwerte auf. Die Ergebnisse der Untersuchung in der Nachtschicht lagen überwiegend sogar unter denen derselben Arbeiter in der Frühschicht. Dies dürfte vor allem auf die

endogene Rhythmik der Parameter zurückgehen, die zu niedrigeren Werten in der Nacht und zu höheren am Tag führt (VOKAC u. Mitarb. 1981, WISSER u. BREUER 1981). Hingegen war bei den Wechselschichtarbeitern in der Frühschicht der typische endogene Cortisol-Rhythmus mit Maximalwerten am frühen Morgen und einem schnellen Abfall zum Mittag, wie er bei den Tagarbeitern in Erscheinung trat, nicht mehr zu beobachten. Dies deutet auf eine Nivellierung des als besonders stabil geltenden Cortisol-Rhythmus (ASCHOFF 1978) durch jahrelange Wechselschichtarbeit hin. Ob eine Abflachung des endogenen Cortisol-Rhythmus als Zeichen einer erhöhten Beanspruchung (TOMCZAK u. Mitarb. 1981) oder nur als Folge einer unvollständigen Adaptation an den geänderten Wach-Schlaf-Rhythmus und die äußeren Zeitgeber zu interpretieren ist, muß hier offengelassen werden. Bemerkenswerterweise stellte unlängst auch DAHLGREN (1981) eine schnelle Anpassung im Biorhythmus der Körpertemperatur nach 3jähriger kontinuierlicher Arbeit fest. Die erhebliche Streuung der Urin-Catecholamin-Konzentrationen im Kollektiv der Wechselschichtarbeiter macht zwar deutlich, daß große interindividuelle Unterschiede in den Beanspruchungen vorliegen. Aufgrund der nur geringen Differenzen der Medianwerte kann aber selbst unter Berücksichtigung der Zirkadianperiodik nicht auf eine generell höhere Beanspruchung in der Nachtschicht geschlossen werden, wie sie z.B. MÜLLER-LIMMROTH (1979) und BORSCH-GALETKE u. PETERS (1981) unterstellten. Die Behauptung einer erhöhten Beanspruchung durch Wechselschicht- und Nachtarbeit hat möglicherweise nur bei an Nachtarbeit nicht gewöhnten Personen, wie sie z.B. THEORELL u. ÅKERSTEDT (1976) untersuchten, eine allgemeine Berechtigung. Im übrigen machen die vorliegenden Ergebnisse deutlich, daß die Beanspruchung im Einzelfall geprüft werden müßte. Bei dieser Betrachtung darf allerdings nicht übersehen werden, daß Nacht- und Schichtarbeit wegen des unnatürlichen Tagesablaufs auch zu erheblichen außerberuflichen Belastungen und sozialen Störungen führen kann. Die hieraus resultierende Beanspruchung müßte separat erfaßt werden, was in der Praxis allerdings auf einige Schwierigkeiten stößt. Ebenso wie bei den übrigen arbeitsmedizinischen Beanspruchungsuntersuchungen war aber weder bei den Tagarbeitern noch bei den Wechselschichtarbeitern ein Zusammenhang zwischen der

subjektiven Einschätzung der beruflichen Beanspruchung sowie den von Familie, Haushalt und Hobbies ausgehenden Beanspruchungen und den gemessenen biochemischen Parametern zu sichern.

5.5. Außerberufliche Einwirkungen und subjektive Beanspruchung

Wegen der Unspezifität der Meßgrößen und den Problemen bei der Differenzierung unterschiedlicher Beanspruchungsqualitäten bzw. -ursachen müssen bei arbeitsmedizinischen Studien auch stets die Einflüsse außerberuflicher Einwirkungen berücksichtigt werden. Im Vordergrund stehen hierbei die Genußmittel Nikotin (KLENSCH 1976, TAKAHASHI u. Mitarb. 1977), Koffein und Alkohol (LEVI 1976, KLIMMER u. Mitarb. 1972, STRASSER 1979, MYRSTEN u. Mitarb. 1975, ROBERTSON u. Mitarb. 1978) sowie verschiedene Medikamente (BALL u. Mitarb. 1972, IRVING u. Mitarb. 1974, MÄURER u. Mitarb. 1974, OHLENSCHLÄGER 1975, LÜTHOLD u. Mitarb. 1976, CAMPESE u. Mitarb. 1980), deren Wirkungen insbesondere auf die Catecholamin- und cAMP-Freisetzung gut untersucht sind. Aber auch mit zunehmendem Lebensalter (FRANCO-MORSELLI u. Mitarb. 1977, PALMER u. Mitarb. 1979, LEHMANN u. KEUL 1981), bei essentieller Hypertonie (BRECHT u. Mitarb. 1974, MÄURER u. Mitarb. 1976, RAHN 1977) sind insbesondere Erhöhungen der Noradrenalin-Sekretion bzw. -exkretion festgestellt worden. Mehrtägiges Fasten (PALMBLAD u. Mitarb. 1977) verursacht hingegen vor allem Erhöhungen der Adrenalin-Ausscheidung.

In den Felduntersuchungen waren eindeutige Veränderungen oder auch nur konstante Trends in Abhängigkeit von derartigen außerberuflichen Einflußfaktoren nicht zu sichern. Dies dürfte mit Wahrscheinlichkeit durch die Vielfalt unterschiedlicher Einwirkungen, die sich z.T. gegenseitig addieren oder auch kompensieren können, begründet sein. Zum anderen ließen die relativ kleinen Kollektive nicht die Bildung genügend großer Untergruppen für die Einzelfaktoren zu. Die Kollektive bei den Laboruntersuchungen waren hingegen zu homogen, als daß sich weitere Einflußgrößen hätten herausarbeiten lassen.

Bei der Untersuchung der Bandarbeiterinnen fanden sich negative Korrelationen zwischen den morgendlichen Plasma-Cortisol-Werten und positive Korrelationen zwischen den ersten Urin-Noradrenalin-Werten und der zurückgelegten Strecke bzw. Wegezeit zum Arbeitsplatz. Dies spricht zum einen für eine Beeinflussung des Cortisol-Rhythmus durch das frühere Aufstehen und zum anderen für eine Erhöhung der Noradrenalin-Exkretion schon durch den Weg zum Arbeitsplatz. Entsprechende Beobachtungen konnten in den übrigen Felduntersuchungen aber nicht gemacht werden.

Zunehmendes Alter und Zigarettenkonsum führten ebenfalls nur bei den Bandarbeiterinnen und den Arbeitern des Stahlröhrenwerks zu z.T. wesentlichen Erhöhungen der Adrenalin-Ausscheidung. Eine Erhöhung der Noradrenalin-Ausscheidung in Abhängigkeit vom Alkoholkonsum war schließlich nur bei den Arbeitern des Stahlröhrenwerks zu beobachten.

Bemerkenswert ist die Tatsache, daß sich bei keiner Untersuchung Beziehungen zwischen den subjektiv empfundenen Arbeitsbeanspruchungen und den biochemischen Meßgrößen ergaben. In der Bundesrepublik Deutschland sollen sich von 100 Beschäftigten ca. 70 durch Anspannung und Konzentration, 55 durch Arbeitstempo und "Streß" und 37 durch Lärm bei der Arbeit besonders beansprucht fühlen (BUNDESMINISTERIUM FÜR FORSCHUNG UND TECHNOLOGIE 1981). Die bisher vorliegenden objektiven Befunde bestätigen die Existenz außergewöhnlicher arbeitsbedingter Beanspruchungen in diesem Umfang nicht. Diese Feststellung unterstreicht die Notwendigkeit objektiver Beanspruchungskriterien.

5.5. Ausblicke

Wichtige Ziele der arbeitsmedizinischen Beanspruchungsforschung müssen die weitere Aufklärung der physiologischen Beanspruchungsreaktionen und ihrer möglicherweise pathogenen Bedeutung für den Organismus sein. Dabei ist zu beachten, daß physische und psychische Belastungen und solche, die mit positiven Erlebnissen verbunden sind ("Eustress") ebenso wie solche, die überwiegend negativ beurteilt werden ("Dysstress") ähnliche oder gleiche Reaktionen der physiologischen und biochemischen Beanspruchungsparameter verursachen können (LEVI 1976). Hier muß nach weiteren Möglichkeiten zur Differenzierung gesucht werden. Nur so werden tolerierbare Grenzwerte für die individuelle Beanspruchung durch verschiedene Belastungen erarbeitet werden können. Hiermit könnte schließlich ein sog. "Biological Monitoring" (SCHIELE 1978) für psychische Beanspruchungen durchgeführt werden, wie es in den letzten Jahren bereits für eine Anzahl von toxischen Arbeitsstoffen realisiert wurde. Schon jetzt sollten die Möglichkeiten zur relativen Beurteilung von Beanspruchungen aber zu einer Versachlichung der derzeitigen kontroversen Diskussion um die Bedeutung des "Streß am Arbeitsplatz" beitragen können.

6. Z U S A M M E N F A S S U N G

Mechanisierung, Motorisierung und Automation haben in der modernen Arbeitswelt zu einer Abnahme körperlicher Schwerarbeit, z.T. aber einer Zunahme seelisch-geistiger Belastungen geführt. Letztere werden in der Umgangssprache oft mit dem unscharfen Begriff "Streß" bezeichnet. Die mögliche pathogene Bedeutung chronischer psychischer Beanspruchungen im Beruf ist derzeit Gegenstand wissenschaftlicher Kontroversen. Ein wesentliches Problem bei der Klärung dieser Frage stellt die schwierige Meßbarkeit psychischer Beanspruchungen dar. Als eine erfolgversprechende Möglichkeit wird die Messung biochemisch-hormoneller Veränderungen im Organismus angesehen, die als Beanspruchungsreaktionen im Körper ablaufen. Neben den klassischen "Streßhormonen" Cortisol, Adrenalin und Noradrenalin sind dies u.a. auch das adrenocorticotrope Hormon (ACTH) und das zyklische Adenosin-3',5'-Monophosphat (cAMP).

Diese Faktoren wurden in 2 Laborversuchen und 5 arbeitsmedizinischen Feldversuchen im Blutplasma bzw. Urin gemessen.

Im 1. Laborversuch mit 10 Studenten dienten ein 55-minütiger Rechentest als Modell einer mentalen Belastung und eine stufenweise ansteigende Ergometerbelastung (50 - 250 W über 23 min) als Beispiel einer körperlichen Belastung. Außerdem erfolgten Vergleichsmessungen unter absoluten Ruhebedingungen. Unter der psychischen Belastung kam es zu signifikanten Erhöhungen von cAMP und Cortisol im Plasma sowie Adrenalin im Urin und unter der physischen Belastung zu erheblichen Anstiegen von Noradrenalin, cAMP und ACTH im Plasma.

In einem 2. Laborversuch mit 25 Studenten wurden die Reaktionen auf mentale und emotionale Belastungen untersucht, die mit einem Aufmerksamkeitsprüfgerät und einem Sprachverzögerer appliziert wurden. Unter diesen Bedingungen waren nur für die Urin-Catecholamine Adrenalin und Noradrenalin geringe Anstiege zu sichern. Dieselben Probanden wurden noch einmal anlässlich der Ärztlichen Vorprüfung unmittelbar vor Beginn des Examens und direkt nach beiden Prüfungstagen untersucht.

Unter dieser überwiegend emotionalen psychischen Beanspruchung reagierten die Urin-Catecholamine während des 1. Prüfungstages am ausgeprägtesten, Adrenalin stärker als Noradrenalin. Signifikante Erhöhungen wiesen aber auch cAMP, Cortisol und ACTH im Plasma unmittelbar vor dem Examen auf.

Als Beispiel einer längeren starken körperlichen Belastung diente ein Langstreckenmarsch von 32 Bundeswehrsoldaten über eine Distanz von 25 km innerhalb von 3 Stunden. Sofort nach dem Marsch waren Noradrenalin im Plasma und Urin, Adrenalin im Urin und cAMP im Plasma gegenüber den Ausgangswerten stark, Cortisol im Plasma nur unwesentlich erhöht.

Zur Abschätzung der Bedeutung von starkem Arbeitslärm als "Stressor" wurden die biochemischen Parameter bei 33 Arbeitern eines Stahlröhrenwerkes bestimmt. Die äquivalenten Dauerschallpegel an den Arbeitsplätzen betrugen 105 dB(A). Die Personen wurden an 2 Versuchstagen - zunächst ohne und dann mit Gehörschutz - mehrfach untersucht. Beim Vergleich zwischen beiden Tagen lagen die Ausscheidungsmengen der Catecholamine im Urin ohne Gehörschutz nur geringfügig höher als mit Kapselgehörschützern. Die übrigen Untersuchungsparameter zeigten keinerlei Unterschiede.

Fließbandarbeit wird z.T. wegen des vorgegebenen Zeittaktes und der Monotonie der Tätigkeit als besonders beanspruchend angesehen. Bei der Untersuchung von 35 Bandarbeiterinnen konnte ein ergonomisch günstigeres, von den Probanden in gewissem Umfang steuerbares Stopperband (n = 19) mit einem kontinuierlich laufenden Band (n = 16) verglichen werden. Hierbei fanden sich bei den Arbeiterinnen am kontinuierlichen Band ebenfalls geringfügig höhere Ausscheidungsmengen der Catecholamine mit dem Urin als bei denen am Stopperband. An einem 2. Versuchstag, an dem auf Blutentnahmen verzichtet wurde, lagen die Catecholamin-Ausscheidungen deutlich niedriger als am 1. Versuchstag, was auf die Bedeutung von Blutentnahmen als mögliche Fehlerquelle von Beanspruchungsuntersuchungen hinweist.

Wechselschichtarbeit unter Einschluß von Nacht- und Wochenendarbeit (sog. kontinuierliche Arbeit) gilt wegen ihres unphysiologischen Rhythmus als besonders beanspruchend. Es wurden daher 7 Wechselschichtarbeiter während der Früh- und Nachtschicht im Vergleich zu 16 Dauertagarbeitern untersucht. Alle Probanden stammten aus derselben Abteilung eines metallverarbeitenden Betriebes und verrichteten zumeist bereits seit mehreren Jahren die gleiche Tätigkeit. Überraschenderweise wiesen die Schichtarbeiter überwiegend niedrigere Werte der Beanspruchungsparameter auf als die Tagarbeiter. Auffällig war auch eine Nivellierung des endogenen Cortisol-Rhythmus bei den Schichtarbeitern. Längere Wechselschichtarbeit scheint zu einer Adaptation führen zu können und muß offensichtlich keine meßbar höhere Beanspruchung als Tagarbeit verursachen.

Die explorative Datenanalyse hinsichtlich außerberuflicher Einwirkungsfaktoren, wie z.B. der Angaben über Zigaretten-, Medikamenten-, Alkohol- und Kaffeeekonsum, ergab in den verschiedenen Studien keine gerichteten Veränderungen und keine "zahlenmäßigen" Auffälligkeiten. Beziehungen zwischen der subjektiven Beanspruchungsempfindung und den objektiven biochemischen Meßgrößen ließen sich ebenfalls nicht feststellen.

Trotz des großen methodischen Aufwands der biochemischen Beanspruchungsanalytik, der relativ schlechten zeitlichen Auflösung und der Schwierigkeiten bei der Differenzierung unterschiedlicher Beanspruchungen besitzen die biochemischen Parameter doch wesentliche Vorteile gegenüber den unspezifischen physiologischen und den subjektiven psychologischen Untersuchungsverfahren. Sie sind daher vor allem für wissenschaftliche Fragestellungen bei der Erfassung des "Streß" am Arbeitsplatz unverzichtbar. Als Beanspruchungsindikatoren haben sich insbesondere die Ausscheidungsmengen der Catecholamine Adrenalin und Noradrenalin sowie der cAMP-Spiegel im Plasma bewährt. Für die Zukunft sind vor allem eine bessere Differenzierung verschiedener Beanspruchungen, die Festlegung tolerierbarer Grenzwerte und die Erarbeitung praktikabler Methoden für ein routinemäßig durchführbares "Biological Monitoring" von Beanspruchungen anzustreben.

7. L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

- (1) ÅKERSTEDT, T., L. LEVI:
Circadian rhythms in the secretion of cortisol, adrenaline and noradrenaline (Editorial).
Europ. J. Clin. Invest. 8, 57 - 58 (1978)
- (2) ASCHOFF, J.:
Circadiane Rhythmen im endokrinen System.
Klin. Wschr. 56, 425 - 435 (1978)
- (3) BADIAN, M., E. APPEL, D. PALM, W. RUPP, W. SITTIG, K. TÄUBER:
Standardized mental stress in healthy volunteers induced by delayed auditory feedback (DAF).
Eur. J. Clin. Pharmacol. 16, 171 - 176 (1979)
- (4) BALL, J. H., N. I. KAMINSKY, J. G. HARDMAN, A. E. BROADUS, E. W. SUTHERLAND, G. W. LIDDLE:
Effects of catecholamines and adrenergic-blocking agents on plasma and urinary cyclic nucleotids in man.
J. Clin. Invest. 51, 2124 - 2129 (1972)
- (5) BARMAYER, J.:
Stress-Epidemiologie von Risikofaktoren und Krankheiten des Kreislaufs.
In: Streß am Arbeitsplatz (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung, Hrsg.), S. 116 - 123.
Schriftenreihe Arbeitsschutz Nr. 31, Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven 1981
- (6) BARTHOLOMEYCZIK, S.:
Probleme der Streßkonzeption.
Bundesgesundheitsbl. 24, 130 - 133 (1981)
- (7) BERSON, S. A., R. S. YALOW:
Radioimmunoassay of ACTH in plasma.
J. Clin. Invest. 47, 2725 - 2751 (1968)
- (8) BORG, G.:
Perceived exertion as an indicator of somatic stress.
Scand. J. Rehab. Med. 2, 92 - 98 (1970)
- (9) BORSCH-GALETKE, E.:
Katecholaminausscheidung bei Feinwerkerinnen mit und ohne Akkordarbeit.
Zbl. Arbeitsmed. 27, 53 - 58 (1977)
- (10) BORSCH-GALETKE, E., Th. PETERS:
Experimentelle Untersuchungen zur Beanspruchung von Feinwerkerinnen in Früh- und Spätschicht.
Arbeitsmed. Sozialmed. Präventivmed. 16, 46 - 49 (1981)
- (11) BRECHT, H. M., H. A. MUSIL, J. VIACHOVANNIS, W. SCHOEPE:
Noradrenalin und Adrenalin im Plasma, Plasmareninaktivität und cAMP in Ruhe und Orthostase bei verschiedenen Hypertonieformen.
Verh. d. Dt. Ges. f. Inn. Med. 80, 245 - 248 (1974)

- (12) BUNDESMINISTERIUM FÜR FORSCHUNG UND TECHNOLOGIE:
Damit die Arbeit menschlicher wird,
BMFT-Report, Bonn 1981
- (13) CAPLAN, R.D., S.COBB, J.R.P. FRENCH, R.v. HARRISON, S.R.PINNEAU:
Arbeit und Gesundheit - Streß und seine Auswirkungen bei ver-
schiedenen Berufen (I. Udris, Hrsg.).
Schriften zur Arbeitspsychologie, Nr. 35 (E.Ulich, Hrsg.)
Verlag Hans Huber, Bern-Stuttgart-Wien 1982
- (14) CAMPESE, V.M., M.ROMOFF, V.De QUATTRO, Sh.G. MASSRY:
Relationship between plasma catecholamines, plasma reninactivity,
aldosterone and arterial pressure during postural stress in nor-
mal subjects.
J.Lab.Clin.Med. 96, 927 - 933 (1980)
- (15) CHRISTENSEN, N.J., O. BRANDSBORG:
The relationship between plasma catecholamine concentration and
pulse rate during exercise and standing.
Circulation 59, 637 - 643 (1979)
- (16) COOPER, C.L.:
Streßbewältigung: Person, Familie, Beruf.
Urban & Schwarzenberg, München-Wien-Baltimore 1981
- (17) DAHLGREN, K.:
Longterm adjustment of circadian rhythms to a rotating shiftwork
schedule.
Scand. j. work environ. health 7, 141 - 151 (1981)
- (18) DEMBROWSKI, T.M., M.J. HALHUBER (Eds.):
Psychosozialer "Stress" und koronare Herzkrankheit 3.~
Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 1981
- (19) DIEBSCHLAG, W.:
Stress am modernen Arbeitsplatz.
Arbeitsmed. Sozialmed. Präventivmed. 6, 217 - 222 (1974)
- (20) DIMSDALE, J.E., J. MOSS:
Plasma catecholamines in stress and exercise.
JAMA 243, 340 - 342 (1980a)
- (21) DIMSDALE, J.E., M. MOSS:
Short-term catecholamine response to psychological stress.
Psychosom. Med. 42, 493 - 497 (1980b)
- (22) v.EIFF, A.W.:
Seelische und körperliche Störungen durch Streß.
Gustav Fischer Verlag, Stuttgart-New York 1976a
- (23) v.EIFF, A.W.:
Die Diagnose des Streß.
In: Seelische und körperliche Störungen durch Streß
(A.W.v.Eiff, Hrsg.), S. 194 - 217.
Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1976b
- (24) v.EIFF, A.W.:
Streß - unser Schicksal?
Gustav Fischer Verlag, Stuttgart-New York 1978

- (25) v.EIFF, A.W. (Hrsg.):
Streß; Phänomenologie, Diagnose und Therapie in den
verschiedenen Lebensabschnitten.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart-New York 1980a
- (26) v.EIFF, A.W.:
Streßdiagnostik in der Praxis.
Münch.med.Wschr. 122, 1211 - 1212, (1980b)
- (27) v.EIFF, A.W., A.CZERNIK, L.HORBACH, H.JÖRGENS:
Fluglärnwirkungen. Eine interdisziplinäre Untersuchung
über die Auswirkungen des Fluglärms auf den Menschen.
DFG-Forschungsbericht, Bonn-Bad Godesberg
Harald Boldt Verlag, Boppard 1974
- (28) v.EULER, U.S.:
Quantitation of stress by catecholamine analysis.
Clin. Pharmacol. Therap. 5, 398 - 404 (1964)
- (29) EVERSMAHN, T., M. GOTTMANN, R. ROTHENFUSSE, E. UHLICH,
G.ULBRECHT; K.v. WERDER:
Kinetose und Streßhormone.
Ärztl. Praxis 31, 1600 (1979)
- (30) FELIXBERGER, F., E.NERN, R. WEGNER, D. SZADKOWSKI:
Differenzierung beruflicher Belastung durch Bestimmungen der
renalen Cortisol- und Aldosteronausscheidung.
Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin e.v.,
Ulm/ Neu-Ulm 27. - 30.4. 1982
- (31) FEW, J.D.:
Effect of exercise on the secretion and metabolism
of cortisol in man.
J. Endocr. 62, 341 - 353 (1974)
- (32) FOLIN, D.:
On the determination of creatinine and creatine in urine.
J. Biol. Chem. 17, 469 - 473 (1914)
- (33) FRANCIS, K.T.:
Psychologic correlates of serum indicators of stress in man:
a longitudinal study.
Psychosom. Med. 41, 617 - 628 (1979)
- (34) FRANCO-MORSELLI R., J.L. ELGHOZI, E. JOLY, S.DI GIULIO, P.MEYER:
Increased plasma adrenaline concentrations in benign essential
hypertension.
Brit. Med. Jour. 2, 1251 - 1254 (1977)
- (35) FRANKENHÄUSER, M.:
Experimental approach to the study of catecholamines and emotion.
In: Emotions, their parameters and measurement
(L.Levi, ed.) pp. 209 - 234.
Raven Press, New York 1975
- (36) FRANKENHÄUSER, M., M. RAUSTE v. WRIGHT, A.COLLINS; J.v.WRIGHT,
G. SEDVALL, C.-G. SWAHN:
Sex differences in psychoneuroendocrine reactions to examination
stress.
Psychosom. Med. 40, 334 - 343 (1978)

- (37) FRESE, M. (Hrsg.):
Stress im Büro,
Verlag Hans Huber, Bern-Stuttgart-Wien 1981
- (38) FRÖBERG, J.E., T. ÅKERSTEDT;
Auswirkungen der Nacht- und Schichtarbeit auf die Gesundheit.
Arbeitsmed. Sozialmed. Präventivmed. 9, 223 - 226 (1974)
- (39) FUNKENSTEIN, D.H.:
Nor-epinephrine-like and epinephrine-like substances in
relation to human behaviour.
J.nerv.ment.Dis. 124, 58 - 68 (1956)
- (40) GITMAN, A.G.:
A protein binding assay for adenosine 3'-5'-monophosphate.
Proc.Nat.Acad.Sci. 167, 305 - 312 (1970)
- (41) GOSSLER, K., R.SCHIELE, K.-H.SCHALLER, D.WELTLE, S.MÜLLER,
H.VALENTIN:
Das Verhalten einiger biochemischer Parameter bei der physischen
Beanspruchung durch einen Langstreckenmarsch.
Int. Arch. Occup. Environ.Hlth. 41, 103 - 115 (1978)
- (42) GOSSLER, K., K.-H.SCHALLER:
Methoden zur Trennung und quantitativen Bestimmung von Catechol-
aminen und deren Metaboliten aus Urinproben.
Symposiumsband zu den Königsteiner-Chromatographie-Tagen, S. 133.
Blitzdruck, Saarbrücken 1978
- (43) GOSSLER, K.:
Untersuchungen zur quantitativen Bestimmung von Catecholaminen in
Blut und Urin mit verschiedenen chromatographischen Arbeitstechniken.
Inaugural-Dissertation, Erlangen-Nürnberg 1980
- (44) GRANDJEAN, E.:
Die physische Arbeitsbelastung in der Industrie.
Herz/Kreislauf 11, 97 - 101 (1979)
- (45) HAGBERG, J.M., R.C.HICKSON, J.A.Mc LANE, A.A.EHSANI, W.W.WINDER:
Disappearance of norepinephrine from the circulation following
strenuous exercise.
J.Appl.Physiol. 47, 1311 - 1314 (1979)
- (46) HALHUBER, M.J. (Hrsg.):
Psychosozialer Stress und koronare Herzkrankheit.
Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 1977
- (47) HALHUBER, M.J. (Hrsg.):
Psychosozialer Stress und koronare Herzkrankheit - Therapie
und Prävention.
Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 1978
- (48) HEIDREDER, E., A.HEIDLAND:
Stress, Emotion und Hypertonie:
Die integrative Rolle des Zentralnervensystems.
Klin. Wochenschr. 59, 715 - 726 (1981)

- (49) HEIDBREDER, E., A. ZIEGLER, A. HEIDLAND:
Streß und Hypertonie - wie hängt das zusammen?
moderne medizin 10, 454 - 461 (1982)
- (50) HENRY, D.P., M. DENTINO, M.H. WEINBERGER:
Vascular compartmentalization of plasma norepinephrine in normal man. The relationships between venous and arterial norepinephrine concentration and the urinary excretion of norepinephrine.
Jour. Lab. Clin. Med. 94, 429 - 437 (1979)
- (51) HEYDEN, S.:
Streß im Arteriosklerosegeschehen.
Internist 19, 642 - 648 (1978)
- (52) HÖLZEL, D., H.-J. LANGE, K.K. ÜBERLA:
Kontrollierte klinische Studien: Prinzip-Indikation-Alternativen.
Internist 23, 187 - 194 (1982)
- (53) HOLMES, H., K. HAMADAH, G.C. HARTMAN, D.V. PARKE:
Diurnal variation of plasma and urinary adenosine 3'-5'-cyclic monophosphate contents in normal human subjects.
Bioch. Soc. Transact. 2, 456 - 459 (1974)
- (54) v. IMHOFF, Ch.:
Der c'AMP-Spiegel im Plasma bei einigen berufsbedingten Lungenerkrankungen. Untersuchungen an Normalpersonen und Patienten mit Pneumokoniose im Vergleich zu Probanden mit berufsbedingtem allergischen Asthma bronchiale.
Dissertation Universität Erlangen-Nürnberg 1976
- (55) IMMICH, H.:
Medizinische Statistik.
F.K. Schattauer Verlag, Stuttgart-New York 1974
- (56) IRVING, M.H., B.J. BRITTON, W.G. WOOD, C. PADGHAM, M. CARRUTHERS:
Effects of β -adrenergic blockade on plasma catecholamines in exercise.
Nature 248, 531 - 533 (1974)
- (57) ISING, H., T. GÜNTHER, C. HAVESTADT, Ch. KRAUSE, B. MARKERT, H.U. MELCHERT, G. SCHORNECHT, W. THEFELD, K.W. TIETZE:
Blutdrucksteigerung durch Lärm am Arbeitsplatz.
Forschungsbericht Nr. 225, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung, Dortmund.
Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven 1980
- (58) JANSSEN, G.:
Über die Wirkung des Lärms.
Zbl. Arbeitsmed. 31, 220 - 224 (1981a)
- (59) JANSSEN, G.:
Phänomen Lärm und Arbeitsmedizin: extraaurale Lärmwirkungen.
diagnostik 14, 552 - 559 (1981b)
- (60) KALIMO, R.:
Stress in work.
Scand. j. work. environ. health 6, Suppl. 3, p. 9 - 124 (1980)

- (61) KALIMO, R., A. LEHTONEN, M. DALEVA, I. KUORINKA:
Psychological and biochemical strain in firemen's work.
Scand. J. work environ. health 6, 179 - 187 (1980)
- (62) KATO, T., Y. HASHIMOTO, T. NAGATSU, T. SHINODA, T. OKADA,
T. TAKEUCHI, H. UMEZAWA:
24-hour rhythm of human plasma noradrenaline and the effect of
fusaric acid, a dopamine- β -hydroxylase inhibitor.
Neuropsychobiology 6, 61 - 65 (1980)
- (63) KIELHOLZ, P.:
Streß und Arzt.
Monatskurse für die ärztliche Fortbildung 26, 7 - 20 (1976)
- (64) KLENSCH, H.:
Pathophysiologie der Nicotinaufnahme beim Rauchen.
Dtsch. med. Wschr. 101, 1099 - 1100 (1976)
- (65) KLENSCH, H., U. GÖTT:
Liquor-Adrenalin und -Noradrenalin im Operationsstress.
Klin. Wschr. 48, 853 - 854 (1970)
- (66) KLIMMER, F., H. M. AULMANN, J. RUTENFRANZ:
Katecholaminausscheidung im Urin bei emotional und mental bela-
stenden Tätigkeiten im Flugverkehrskontrolldienst.
Int. Arch. Arbeitsmed. 30, 65 - 80 (1972)
- (67) KLIMMER, F., J. RUTENFRANZ, W. ROHMERT:
Untersuchungen über physiologische und biochemische Indikatoren
zur Differenzierung zwischen mentaler und emotionaler Beanspru-
chung bei psychischen Leistungen.
Int. Arch. Occup. Environ. Health. 44, 149 - 163 (1979)
- (68) KLOTZBÜCHER, E.:
Zum Einfluß des Lärms auf Leistung bei geistiger Arbeit und
ausgewählte physiologische Funktionen.
Int. Arch. Occup. Environ. Hlth. 37, 139 - 155 (1976)
- (69) LAZARUS, R. S.:
Psychological stress and the coping process.
McGraw-Hill, New York 1966
- (70) LECLERQUE, R., G. COPINSCHI, J. R. M. FRANCKSON:
Le dosage par compétition du cortisol plasmatique.
Modification de la méthode de Murphy.
Rev. franc. Etud. clin. biol. 14, 815 - 819 (1968)
- (71) LEHMANN, M., G. HUBER, J. KEUL:
Katecholaminausscheidung bei körperlichen und konzentrativen
Belastungen.
Int. Arch. Occup. Environ. Hlth. 50, 175 - 186 (1982)
- (72) LEHMANN, M., J. KEUL:
Alters- und trainingsbedingtes Verhalten der Plasmacatechol-
amine und Lactatacidose während Körperarbeit.
Dtsch. Z. Sportmed. 32, 320 - 328 (1981)
- (73) LEHNERT, G., J. MEININGER:
Der adrenale Regelkreis unter körperlicher Belastung.
Int. Arch. Gewerbepath. Gewerbehyg. 23, 364 - 373 (1967)

- (74) LEHNERT, G., H. LEIBER, K.-H. SCHALLER:
Plasmacortisol und Plasmacorticosteron im Anpassungsstadium
der dosierten körperlichen Arbeit,
Endokrinologie 52, 402 - 405 (1968)
- (75) LEVI, L.:
The effect of coffee on the function of the sympathoadreno-
medullary system in man.
Acta med. scand. 181, 431 - 438 (1967)
- (76) LEVI, L. (Ed.):
Society, stress and disease.
Vol. 1: The psychosocial environment and psychosomatic diseases.
Oxford University Press, London-New York-Toronto 1971
- (77) LEVI, L. (Ed.):
Society, stress and disease.
Vol. 2: Childhood and adolescence.
Oxford University Press, London-New York-Toronto 1975
- (78) LEVI, L.:
Stress: Nebenniere und Schilddrüse.
In: Seelische und körperliche Störungen durch Stress (A.W.v.Eiff,
Hrsg.), S. 47 - 64
Gustav Fischer Verlag, Stuttgart-New York 1976
- (79) LEVI, L.:
Society, stress and disease.
Vol. 4: Working life.
Oxford University Press, London-New York-Toronto 1981
- (80) LINDVALL, Th., E.P. RADFORD:
Measurement of annoyance to exposure to environmental factors.
Environ. Res. 6, 1 - 36 (1973)
- (81) LUKOMSKY, P.E., R.G. OGANOW:
Blood plasma catecholamines and their urinary excretion in
patients with acute myocardial infarction.
Am. Heart. J. 83, 182 - 188 (1972)
- (82) LÜTHOLD, B.E., F.R. BÜHLER, M. DA PRADA:
Dynamik von Plasmakatecholaminen und β -Adrenozeptor-Funktionen.
Schweiz. med. Wschr. 106, 1735 - 1738 (1976)
- (83) MASON, J.W., L.H. HARTLEY, Th.A. KOTCHEN, E.H. MOUGEY,
P.T. RICKETS, L.G. JONES:
Plasma cortisol and norepinephrine responses in anticipation
of muscular exercise.
Psychosom. Med. 35, 406 - 414 (1973)
- (84) MASON, J.W.:
Emotions as reflected in pattern of endocrine integration.
In: Emotions - their parameters and measurement (Levi, L., Ed.)
p. 143 - 181
Raven Press, New York 1975

- (85) MÄURER, W., H. KUHN, W. KÜBLER, G. BREITHARDT:
Das Verhalten der Katecholamine und des zyklischen 3'-5'-AMP
im Plasma bei Normalpersonen unter der Wirkung eines Beta-
Rezeptorenblockers.
Verh. Dtsch. Ges. Kreislaufforschg. 40, 369 - 372 (1974)
- (86) MÄURER, W., Y. YOSHIDA, W. KÜBLER:
Die Urinausscheidung der Catecholamine Adrenalin, Noradrenalin
und Dopamin sowie der Abbauprodukte Metanephrin und Normeta-
nephrin bei Herzkranken.
Z. Kardiolog. 65, 1124 - 1138 (1976)
- (87) MELTON, C.E., R.C. SMITH, J.M. MCKENZIE, S.M. WICKS, J.T. SALDIVAR:
Stress in air traffic personnel: low-density towers and flight
service stations.
Aviat. Space Environ. Med. 49, 724 - 728 (1978)
- (88) MIKUNI, M., Y. SAITO, T. KOYAMA, M. DAIGUJI, I. YAMASHITA,
K. YAMAZAKI, M. HONMA, M. UI:
Circadian variations in plasma 3':5'-cyclic adenosine mono-
phosphate and 3':5'-cyclic guanosine monophosphate of normal
adults.
Life Sci. 22, 667 - 672 (1978)
- (89) MÜLLER, A.:
Handanweisung Aufmerksamkeits-Prüf-Gerät A-P-G, 2. Auflage.
Homburg (Saar) 1980
- (90) MÜLLER, T.:
Radioenzymatische Simultanbestimmung von Adrenalin und Noradrenalin
im Plasma.
Arzneimittelforschung 28, 1304 (1978)
- (91) MÜLLER-LIMMROTH, W.:
Die Beeinträchtigung der Leistung durch Stressoren am Arbeitsplatz.
Therapiewoche 29, 4948 - 4952 (1979)
- (92) MYRSTEN, A.L., C. HOLLSTEDT, L. HOLMBERG:
Alcohol-induces changes in mood and activation in males and females
als related to catecholamine excretion and blood-alcohol level.
Scand. J. Psychol. 16, 303 - 310 (1975)
- (93) NISTRUPMADSEN, S., F. FOG-MÖLLER, C. CHRISTIANSEN, T. VESTER-ANDERSEN,
A. ENGQUIST:
Cyclic AMP, adrenaline and noradrenaline in plasma during surgery.
Br. J. Surg. 65, 191 - 193 (1978)
- (94) NITSCH, J.R. (Hrsg.):
Stress.
Verlag Hans Huber, Bern-Stuttgart-Wien 1981
- (95) OHLENSCHLÄGER, G.:
Zur medikamentösen Beeinflussung der durch Streß induzierten er-
höhten Ausscheidung von Katecholaminmetaboliten.
Therapiewoche 25, 4920 - 4926 (1975)

- (96) PALMELAD, J., L. LEVI, A. BURGER, A. MELANDER, U. WESTGREN, H. v. SCHENCK, G. SKUDE:
Effects of total energy withdrawal (fasting) on the levels of growth hormone, thyrotropin, cortisol, adrenaline, nor-adrenaline, T_3 , T_4 and rT_3 in healthy males.
Acta Med. Scand. 201, 15 - 22 (1977)
- (97) PONADER, R.:
Untersuchungen zur Beanspruchung von Arbeiterinnen an Bandmontageplätzen in der Elektroindustrie.
Inaugural-Dissertation, Erlangen-Nürnberg 1980
- (98) PALMER, G. J., M. G. ZIEGLER, C. R. LAKE:
Response of norepinephrine and blood pressure to stress-increase with age.
J. Geront. 33, 482 - 487 (1978)
- (99) PATKAI, P.:
The diurnal rhythm of adrenaline secretion in subjects with different working habits.
Acta physiol. scand. 81, 30 - 34 (1971)
- (100) PLANZ, G., G. WIETHOLD, E. APPEL, D. BÖHMER, D. PALM, H. GROBECKER:
Correlation between increased dopamine- β -hydroxylase activity and catecholamine concentration in plasma: determination of acute changes in sympathetic activity in man.
Europ. J. clin. Pharmacol. 8, 181 - 188 (1975)
- (101) RAHE, R. H.:
Recent life change measurement as a predictor of illness.
Proc. Roy. Soc. Med. 61, 1124 - 1126 (1968)
- (102) RAHN, K.-H.:
Katecholamine und Hochdruck.
Inn. Med. 4, 272 - 275 (1977)
- (103) REINICKE, H., L. HUCK, T.-U. HAUSAMEN:
Streßepidemiologie von Risikofaktoren und Krankheiten des Magen-Darm-Traktes.
In: Streß am Arbeitsplatz (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung, Hrsg.), S. 124 - 131.
Schriftenreihe Arbeitsschutz Nr. 31, Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven 1981
- (104) ROBERTSON, D., G. A. JOHNSON, R. M. ROBERTSON, A. S. NIES, D. G. SHAND, J. A. OATES:
Comparative assessment of stimuli that release neuronal and adrenomedullary catecholamines in man.
Circulation 59, 637 - 643 (1979)
- (105) RUTENFRANZ, J.:
Über das Verhalten der Pulsfrequenz bei Arbeit unter Zeitdruck.
Int. Z. angew. Physiol. 18, 264 - 279 (1960)
- (106) RUTENFRANZ, J.:
Pathogene Auswirkungen von exogenen Rhythmusstörungen.
Verh. Dt. Ges. Inn. Med. 79, 31 - 37 (1973)

- (107) RUTENFRANZ, J.:
Arbeitsmedizinische Erwartungen an die Ergonomie.
In: Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin e.V.;
Bericht über die 15. Jahrestagung, München 24. - 26.4.1975,
S. 31 - 37
A.W.Gentner Verlag, Stuttgart 1976
- (108) RUTENFRANZ, J., P.KNAUTH, D.ANGERSBACH:
Arbeitsmedizinische Feststellungen zu Befindlichkeitsstörungen
und Erkrankungen bei Schichtarbeit.
Arbeitsmed. Sozialmed. Präventivmed. 17, 32 - 40 (1980)
- (109) SACHS, L.:
Angewandte Statistik.
Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 1978
- (110) SCHÄCKE, G., H.-J.WOITOWITZ, E.RIETSCHEL, R.HAVLA:
Radiotelemetrische Langzeituntersuchungen von Herzschlagfrequenz
und Elektrokardiogramm bei Führungskräften der Industrie.
Int. Arch. Arbeitsmed. 29, 142 - 158 (1972)
- (111) SCHÄCKE, G., K.GOSSLER, S.LEHRL, J.NICOLAY, K.-H. SCHALLER, D.WELTLE:
Arbeitsmedizinische Untersuchungen zur Beanspruchung des Fahrper-
sonals bei Schnellfahrten.
Fortschr. d. Med. 94, 865 - 870 (1976)
- (112) SCHÄCKE, G.:
Herzschlagfrequenz und Elektrokardiogramm in der Arbeitsmedizin.
Medizinische Schriftenreihe des Bundesministeriums für Arbeit
und Sozialordnung (E.Goetz u. R.Wagner, Hrsg.), Neue Folge Heft 90.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1976
- (113) SCHÄFER, H., M.BLOHMKE:
Herzkrank durch psychosozialen Streß.
Hüthig-Verlag, Heidelberg 1977
- (114) SCHIELE, R.:
Anwendbarkeit und Grenzen des Biological Monitoring in der
Arbeitsmedizin und Epidemiologie.
Zbl. Arbeitsmed. 28, 1 - 8 (1978)
- (115) SCHIELE, R., K.GOSSLER, K.-H.SCHALLER:
Untersuchungen zum Verhalten verschiedener beanspruchungsbezogener
biologischer Parameter unter definierten physischen und psychischen
Belastungen.
Forschungsbericht Nr. 185.
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung, Dortmund.
Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven 1978.
- (116) SCHIELE, R.:
Streß am Arbeitsplatz.
Vortrag auf dem Medica-Kongreß, Düsseldorf 21. - 24.11. 1979
- (117) SCHIELE, R.:
Biochemische Methoden zur Streßanalyse.
Informationstagung "Streß am Arbeitsplatz" der Bundesanstalt für
Arbeitsschutz und Unfallforschung, Dortmund 2. - 3.6.1981

- (118) SCHMIDTKE, H. (Hrsg.):
Lehrbuch der Ergonomie.
Carl Hansen Verlag, München-Wien 1981.
- (119) SCHÖLER, M.:
Beanspruchungsreaktionen von Examenskandidaten im Laborversuch
und bei der Ärztlichen Vorprüfung.
Inaugural-Dissertation, Erlangen-Nürnberg 1982
- (120) SELYE, H.:
A syndrome produced by diverse noxious agents.
Nature 138, 32 (1936)
- (121) SELYE, H.:
The physiology and pathology of exposure to stress.
Acta Inc., Montreal 1950
- (122) SELYE, H.:
Gesundheit und Streß-Konzept.
In: Bewertung von Risiken für die Gesundheit.
Wissenschaftliches Symposium anlässlich der Hundertjahrfeier
des Bundesgesundheitsamtes Berlin, 17. - 20. Mai 1976
(G. Füllgraf, Hrsg.)
Gustav Fischer Verlag, Stuttgart-New York 1977
- (123) SELYE, H.:
Geschichte und Grundzüge des Streßkonzepts.
In: Stress (J.R. Nitsch, Hrsg.), S. 163 - 187.
Verlag Hans Huber, Bern-Stuttgart-Wien 1981
- (124) SIEGRIST, J., M.J. HALHUBER (Eds.)
Myocardial infarction and psychosocial risk.
Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 1981
- (125) STARLINGER, H., W. HAWEL, J. RUTENFRANZ:
Untersuchungen zur Frage der Catecholaminausscheidung im
Harn als Kriterium für emotionalen Stress unter verschie-
denen Umgebungsbedingungen.
Int. Z. angew. Physiol. 27, 1 - 14 (1969)
- (126) STRASSER, H.:
Psychophysiologische Aspekte des Streß und Ansätze zur Ermittlung
seiner Auswirkungen auf den Menschen in der Arbeitswelt.
Therapiewoche 29, 25 - 43 (1979)
- (127) STRASSER, H.:
Arbeitswissenschaftliche Methoden der Beanspruchungsermittlung.
Schriftenreihe Arbeitsmedizin, Sozialmedizin, Präventivmedizin
Band 69.
A.W. Gentner-Verlag, Stuttgart 1982
- (128) SUTHERLAND, E.W., G.A. ROBISON:
The role of cyclic 3'-5'-AMP in responses to catecholamines
and other hormones.
Pharmacol. Rev. 18, 145 - 161 (1966)
- (129) SZADKOWSKI, D., A. JÜRGENSEN, H.-G. ESSING, K.-H. SCHALLER:
Die Kreatinineliminationsrate als Bezugsgröße für Analysen
aus Harnproben.
Z. klin. Chem. klin. Biochem. 8, 529 - 533 (1971)

- (130) SZADKOWSKI, D.:
Die Problematik arbeitsbedingter extraauraler Lärmwirkungen.
In: Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin e.V.,
Bericht über die 20. Jahrestagung, Innsbruck 27.-30.4.1980, S.23-29
A.W.Gentner-Verlag, Stuttgart 1980
- (131) TAKAHASHI, K., H. TAKAO, T. TAKAI, K. GOTOH, Sh. MATSURA, H. IMURA:
Effects of cigarette smoking on cyclic AMP, cyclic GMP, dopamine-
β-hydroxylase and nicotine in human plasma and urine during water
diuresis.
Life Sci. 21, 803 - 810 (1977)
- (132) THEORELL, T., T. ÅKERSTEDT:
Day and night work: changes in cholesterol, uric acid, glucose
potassium in serum and in circadian patterns of urinary cate-
cholamin-excretion.
Acta. Med. Scand. 200, 47 - 53 (1976)
- (133) TIGRANIAN, R.A., L.L. ORLOFF, N.F. KALITA, N.A. DAVIDOVA, E.A. PAVLOVA:
Changes of blood levels of several hormones, catecholamines, pro-
staglandines, electrolytes and cAMP in man during emotional stress.
Endocrinol. experiment. 14, 101 - 112 (1980)
- (134) TIMIO, M., S. GENTILI:
Adrenosympathetic overactivity under conditions of work stress.
Brit. J. prev. soc. Med. 30, 262 - 265 (1976)
- (135) TIMIO, M., S. GENTILI, S. PEDE:
Free adrenaline and noradrenaline excretion related to occupational
stress.
Br. Heart J. 42, 471 - 474 (1979)
- (136) TOMCZAK, S., R. WEGNER, F. FELIXBERGER, D. SZADKOWSKI:
Einfluß der Arbeitsbelastung auf den circadianen Rhythmus des
Cortisolspiegels während einer Transatlantikreise.
In: Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin e.V.,
21. Jahrestagung in Berlin v. 13. - 16.5.1981, S. 349 - 355.
A.W.Gentner-Verlag, Stuttgart 1981
- (137) TOVEY, K.C., K.G. OLDHAM, J.A.M. WHELAN:
A simple direct assay for cyclic AMP in plasma and other biolo-
gical samples using an improved competitive protein binding
technique.
Clin. Chem. Acta 56, 221 - 234 (1974)
- (138) TOWNSHEND, M.M., A.J. SMITH:
Factors influencing the urinary excretion of free catecholamines
in man.
Clin. Sci. 44, 253 - 256 (1973)
- (139) TURTON, M.B., T. DEEGAN:
Circadian variations of plasma catecholamine, cortisol and immuno-
reactive insulin concentrations in supine subjects.
Clin. Chim. Acta 55, 389 - 397 (1974)
- (140) ULMER, H.-V.:
Aspects of the validity of Borg's scale. Is it measuring stress
or strain.
In: Physical work and effort (G. Borg, Ed.), pp. 181 - 194.
Pergamon Press, Oxford 1976

- (141) VALENTIN, H., G. LEHNERT, W. MÜCKE, H. DEUTZMANN:
Die Auswirkung dosierter körperlicher Arbeit auf das Hypophysen-
Nebennierenrinden-System.
Eliminationsraten der 11-Desoxy-17-Ketosteroide.
Münch. med. Wschr. 107, 1334 - 1337 (1965)
- (142) VALENTIN, H., H.-G. ESSING:
Gesundheitsschäden durch Überlastung.
Ärztl. Praxis 26, 1307 - 1310 u. 1343 - 1346 (1974)
- (143) VALENTIN, H., K. GOSSLER, G. SCHÄCKE, K.-H. SCHALLER, R. SCHIELE:
Stress aus arbeitsmedizinischer Sicht.
Schriftenreihe Arbeitsschutz der Bundesanstalt für Arbeitsschutz
und Unfallforschung Nr. 8, S. 332 - 343
Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven 1975
- (144) VALENTIN, H., K. GOSSLER, K.-H. SCHALLER, G. SCHÄCKE, R. SCHIELE, D. WELTLE:
Die Analyse des Stress aus arbeitsmedizinischer Sicht.
Forschungsbericht Nr. 159.
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung, Dortmund 1977.
- (145) VERMEULEN, A.:
Bestimmung von Cortisol im Plasma durch kompetitive Proteinbindung.
In: Methoden der Hormonbestimmung (H. Breuer, D. Hamel, H. L. Kruskemper,
Hrsg.), S. 169 - 175.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1975
- (146) VICTOR, N.:
Stellung der explorativen Datenanalyse (EDA) im Rahmen der Statistik.
In: Explorative Datenanalyse (N. Victor, W. Lehmacher, W. van Eimeren,
Hrsg.)
Medizinische Informatik und Statistik (S. Koller, P. L. Reichertz, u.
K. Überla, Hrsg.) Bd. 26, S. 2 - 5
Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 1980
- (147) VOKAC, Z., N. GUNDERSEN, P. MAGNUS, E. JEBENS, T. BAKKA:
Circadian rhythmicity of urinary excretion of mercury, potassium
and catecholamines in unconventional shift-work systems.
Scand. j. work environ health 6, 188 - 196 (1980)
- (148) WEGNER, R., S. TOMCZAK, F. FELIXBERGER, D. SZADKOWSKI:
Einfluß des Zeitonenwechsels auf das Befinden und den endogenen
Rhythmus von Seeleuten.
In: Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin e.V.,
21. Jahrestagung in Berlin v. 13. - 16.5.1981, S. 343 - 348
A.W. Gentner-Verlag, Stuttgart 1981
- (149) WEITZMANN, E. D., D. FUKUSHIMA, Ch. NOGEIRE, H. ROFFWARG, T. F. GALLAGHER,
L. HELLMANN:
Twenty-four hour pattern of the episodic secretion of cortisol in
normal subjects.
J. Clin. Endocrinology 33, 14 - 22 (1971)
- (150) WEITZMAN, E. D., R. M. BOYAR, S. KAPEN, L. HELLMANN:
The relationship of sleep and sleep stages to neuroendocrine
secretion and biological rhythms in man.
In: Rec. Prog. Horm. Res. Vol. 31 (R. O. Green, Ed.) S. 399 - 411
Academic Press, New York 1975

- (151) WINDER, W.W., J.M.HAGBERG, R.C.HICKSON, A.A.EHSANI, J.A.McLANE:
Time course of sympathoadrenal adaptation to endurance exercise
training in man.
J. Appl. Physiol.: Respirat. Environ.Exercise
Physiol. 45, 370 - 374 (1978)
- (152) WISSER, H., H.BREUER:
Circadian changes of clinical chemical and endocrinological
parameters.
J.Clin.Chem. Clin.Biochem. 19, 323 - 337 (1981)
- (153) WOITOWITZ, H.-J., A.OBERSTEINER, G.KINDERMANN, R.WOITOWITZ:
Radiotelemetrische Untersuchungen von Herzschlagfrequenz,
Elektrokardiogramm und Hauttemperatur bei operativ tätigen
Gynäkologen.
Arbeitsmed. Sozialmed. Arbeitshyg. 7, 1 - 6 (1972a)
- (154) WOITOWITZ, H.-J., R.MRUSEK, H.DITTRICH, R.LEUSCHT, R.WOITOWITZ:
Radiotelemetrische Untersuchungen von Herzschlagfrequenz,
Elektrokardiogramm und Hauttemperatur während chirurgischer
Tätigkeit.
Herz/Kreislauf 4, 165 - 169 (1972b)

8. A N H A N G *

I. Statistische Einzelergebnisse

8.1. Statistische Auswertungen zum 1. Laborversuch

8.1.1. Varianzanalytische Prüfung auf Unterschiede im Verlauf mit dem FRIEDMAN-Test für verbundene Stichproben und den multiplen Vergleichen nach WILCOXON u. WILCOX

Adrenalin im Urin (3 Ruhe-, 1 Ausgangs- und 2 Belastungswerte):

$\hat{\chi}_R^2 = 34,3^{++}$; kritische Differenzen: Der Belastungswert nach dem Rechentest (Phase 5) ist höher als die Ruhe- bzw. Ausgangswerte ($23^+ - 29^{++}$), keine weiteren Unterschiede.

Noradrenalin im Urin (3 Ruhe-, 1 Ausgangs- und 2 Belastungswerte):

$\hat{\chi}_R^2 = 6,4$; keine Unterschiede zwischen den Phasen

Noradrenalin im Plasma (3 Ausgangs-, 8 Belastungs- und 5 Erholungswerte):

Rechentest: $\hat{\chi}_R^2 = 11,4^+$; kritische Differenzen: Abfall nach Beendigung der mentalen Belastung (Phase 5) (22^{++}), unter dem Rechentest (Phasen 3 u. 4) bestehen keine Unterschiede gegenüber den Ausgangswerten (Phasen 1 und 2).

Ergometerbelastung: $\hat{\chi}_R^2 = 80,1^{+++}$; kritische Differenzen: ab 200 W (Phase 10) und noch 5 min nach Belastung (Phase 12) Erhöhungen gegenüber den Ausgangswerten (Phasen 1 u. 2) ($61^{++} - 102^{+++}$).

cAMP im Plasma (3 Ausgangs-, 8 Belastungs- und 5 Erholungswerte):

Rechentest: $\hat{\chi}_R^2 = 18^{++}$; kritische Differenzen: Unter dem Rechentest (Phasen 3 u. 4) Erhöhungen gegenüber dem 1. Ausgangswert (Phase 1) ($22^+ - 28^{++}$)

Ergometerbelastung: $\hat{\chi}_R^2 = 89,5^{+++}$; kritische Differenzen: Ab einer Belastungsstärke von 150 W (Phasen 9-11) Erhöhungen gegenüber den Ausgangs- und Erholungswerten (Phasen 1,2,13 u. 14) ($62^{++} - 105^{+++}$)

ACTH im Plasma (3 Ausgangs-, 8 Belastungs- und 5 Erholungswerte):

Rechentest: $\hat{\chi}_R^2 = 8$; kritische Differenzen: keine Unterschiede.

Ergometerbelastung: $\hat{\chi}_R^2 = 75^{++}$; kritische Differenzen: Bei submaximaler Belastung (250 W) (Phase 11) und noch bis 10 min nach Belastung (Phasen 12 u. 13) Erhöhungen gegenüber den Aus-

* Die Ergebnisse der statistischen Auswertungen wurden dann als bedeutsam ("signifikant") bzw. "zahlenmäßig" auffällig angesehen, wenn die Irrtumswahrscheinlichkeiten unter 5% ($p < 0,05$) lagen. Die Irrtumswahrscheinlichkeiten wurden für $p < 0,05$ mit $^+$, für $p < 0,01$ mit $^{++}$ und für $p < 0,001$ mit $^{+++}$ gekennzeichnet. Nicht gekennzeichnete Testresultate wiesen eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $> 0,05$ auf.

gangs- und Erholungswerten (Phasen 1,2,5,6 u. 16)
sowie dem Belastungswert bei 50 W (Phase 6).

Cortisol im Plasma (3 Ausgangs-, 8 Belastungs- und 5 Erholungswerte):

Rechentest: $\hat{\chi}_R^2 = 36^{+++}$; kritische Differenzen: Unter dem Rechentest (Phasen 3 u. 4) Erhöhungen gegenüber den Ausgangs- und Erholungswerten (Phasen 1,2 u. 5) ($23^{++} - 38^{++}$).

Ergometerbelastung: $\hat{\chi}_R^2 = 45^{+++}$; kritische Differenzen: Bei Belastungsstärken zwischen 50 W und 150 W (Phasen 7-9) Erniedrigungen gegenüber den Erholungswerten nach der Untersuchung (Phasen 13 u. 14) ($63^+ - 75^+$).

Herzschlagfrequenz (3 Ausgangs-, 8 Belastungs- und 5 Erholungswerte):

Rechentest: $\hat{\chi}_R^2 = 36^{+++}$; kritische Differenzen: Unter dem Rechentest (Phasen 3 u. 4) Erhöhungen gegenüber den Ausgangs- und Erholungswerten (Phasen 1,2 u. 5) ($23^+ - 28^+$).

Ergometerbelastung: $\hat{\chi}_R^2 = 127^{+++}$; kritische Differenzen: Ab Belastungsstärken von 150 W (Phasen 9-11) Erhöhungen gegenüber den Ausgangs- und Erholungswerten (Phasen 1,2,5,13-16) ($68^+ - 126^{++}$).

8.1.2. Rangkorrelationen nach SPEARMAN (r_{Sp}) zwischen den Mittelwerten der Untersuchungsparameter der Probanden im Verlauf

	NA - P	c-AMP-P	ACTH-P	C - P
HSF	0,70 ⁺	0,09	0,35	0,35
C - P	0,17	-0,13	0,12	
ACTH-P	0,53	0,38		
cAMP-P	0,43			
	A - U			
NA - U	0,58 ⁺			

8.2. Statistische Auswertungen zum 2. Laborversuch und der Examensuntersuchung

8.2.1. Varianzanalytische Prüfung auf Unterschiede im Verlauf mit dem FRIEDMAN-Test für verbundene Stichproben und den multiplen Vergleichen nach WILCOXON u. WILCOX:

Adrenalin im Urin (2 Ausgangs-, 4 Belastungswerte):

$\hat{\chi}_R^2 = 57,0^{+++}$; kritische Differenzen: alle Belastungswerte (Phasen 2,3,5 u. 6) sind höher als die Ausgangswerte (Phasen 1 u. 4) ($38^+ - 90^{++}$).

Die Adrenalin-Ausscheidung während des 1. Examenstages (Phase 5) liegt über der in allen vorangegangenen Phasen (1 - 4) ($45^{++} - 90^{++}$).

Noradrenalin im Urin (2 Ausgangs-, 4 Belastungswerte):

$\hat{\chi}_R^2 = 28,3^{+++}$; kritische Differenzen: die Belastungswerte nach dem Test am

Sprachverzögerer (Phase 3) und nach beiden Examenstagen (Phasen 5 u. 6) sowie der Ausgangswert vor dem Examen (Phase 4) sind höher als der Ausgangswert vor dem Laborversuch (Phase 1) ($38^+ - 58,5^{++}$), die Noradrenalin-Ausscheidung am 2. Examenstag (Phase 6) ist höher als der Belastungswert nach dem Test am APG 2 (Phase 2) (47^{++}).

Noradrenalin/Adrenalin-Quotient (2 Ausgangs-, 4 Belastungswerte):

$\hat{\chi}_R^2 = 33,5^{+++}$; kritische Differenzen: Das Verhältnis vor dem Labortest (Phase 1) ist größer als unter der Belastung am APG 2 und an beiden Examenstagen (Phasen 2,5 u. 6) ($48^{++} - 68^{++}$). Vor dem Examen (Phase 4) ist der Quotient höher als während des 1. Examenstages (Phase 5) (48^{++}).

Adrenalin im Plasma (2 Ausgangs-, 2 Erholungs-, 6 Belastungswerte):

$\hat{\chi}_R^2 = 7,27$; keine Unterschiede zwischen den Phasen.

Noradrenalin im Plasma (2 Ausgangs-, 2 Erholungs-, 6 Belastungswerte):

$\hat{\chi}_R^2 = 9,66$; keine Unterschiede im Vergleich der Phasen.

cAMP im Plasma (2 Ausgangs-, 2 Erholungs-, 6 Belastungswerte):

$\hat{\chi}_R^2 = 98,2^{++}$; kritische Differenzen: Die Belastungswerte nach dem 1. Test am APG 2 (Phase 3) sowie nach dem Test am Sprachverzögerer (Phase 6) sind höher als die Ausgangs- und Erholungswerte (Phasen 1,2 u. 5) ($69^+ - 82^{++}$). Der cAMP-Spiegel vor dem 1. Examenstag (Phase 8) liegt über den Ausgangs- bzw. Erholungswerten (Phasen 1,2,5 u. 7) und den Belastungswerten nach dem 2. Test am APG 2 (Phase 4) ($102^{++} - 149^{++}$), die Konzentrationen nach den beiden Examenstagen (Phasen 9 u. 10) übertreffen die Ausgangs- und Erholungswerte (Phasen 1,2,5 u. 7) ($81^{++} - 113^{++}$) bzw. (1,2 u. 7) ($70^+ - 101^{++}$).

ACTH im Plasma (2 Ausgangs-, 2 Erholungs-, 6 Belastungswerte):

$\hat{\chi}_R^2 = 69,1^{+++}$; kritische Differenzen: Die Ausgangswerte (Phasen 1 u. 2) liegen höher als die Erholungswerte nach den Tests am APG 2 und am Sprachverzögerer (Phasen 5 u. 7) ($71^+ - 90^{++}$). Die ACTH-Konzentration vor dem Examen (Phase 8) ist höher als die in den übrigen Belastungs- und Erholungsphasen (3 - 10) ($70^+ - 134^{++}$).

Cortisol im Plasma (2 Ausgangs-, 2 Erholungs-, 6 Belastungswerte):

$\hat{\chi}_R^2 = 91,6^{+++}$; kritische Differenzen: Der 1. Ausgangswert (Phase 1) und der Belastungswert nach dem 2. Test am APG 2 (Phase 4) liegen über den Erholungswerten (Phasen 5 u. 7) und den Werten nach beiden Examenstagen (Phasen 9 u. 10) ($70^+ - 114^{++}$). Der 2. Ausgangswert (Phase 2) und der 1. Belastungswert am APG 2 (Phase 3) sind ebenfalls gegenüber dem Erholungswert (Phase 7) und den Werten nach beiden Examenstagen (Phasen 9 u. 10) erhöht ($70^+ - 91^{++}$). Der Belastungswert nach dem Test am Sprachverzögerer (Phase 6) ist höher als die nach beiden Examenstagen ($70^+ - 81^{++}$). Der Wert vor dem Examen übertrefft die Erholungswerte (Phasen 5 u. 7) des Laborversuchs und die Belastungswerte nach beiden Examenstagen (Phasen 9 u. 10) ($109^{++} - 139^{++}$).

Herzschlagfrequenz (2 Ausgangs-, 2 Erholungs-, 6 Belastungswerte):

$\chi^2_R = 119^{+++}$; kritische Differenzen: Der 1. Ausgangswert (Phase 1) ist größer als der 2. (Phase 2) und die Erholungswerte (Phasen 9 u. 10) ($91^+ - 101^{++}$), ebenso der Wert vom Test am Sprachverzögerer (Phase 6) ($76^+ - 134^{++}$) und der vor dem Examen (Phase 8) ($81^{++} - 150^{++}$). Die Werte nach dem Test am APG 2 (Phasen 3 u. 4) sowie nach dem 1. Examenstag (Phase 9) sind höher als die Erholungswerte (5 u. 7) ($70^+ - 114^{++}$).

8.2.2. Rangkorrelationen nach SPEARMAN (r_{sp}) zwischen den Mittelwerten der einzelnen Parameter von allen Probanden

	A-U	NA-U	A-P	NA-P	cAMP-P	ACTH-P	C-P
HSF	0,486 ⁺⁺	0,612 ⁺⁺⁺	0,306	0,102	0,281	0,128	-0,185
C-P	0,318	0,032	-0,289	0,500 ⁺⁺	0,034	-0,089	
ACTH-P	0,019	-0,103	0,119	0,287	0,074		
cAMP-P	0,082	0,044	0,414	0,349 ⁺			
NA-P	-0,273	-0,216	0,726 ⁺⁺⁺				
A-P	-0,082	-0,049					
NA-U	0,508 ⁺⁺						

8.2.3. Untersuchungen auf andere Einflußgrößen während des Exams

Zugrundegelegt wurden die Erhebungen vom 2. Examenstag. Die Werte der Probanden mit positiven Angaben bzw. Befunden wurden mit denen der übrigen verglichen (U-Test nach WILCOXON, MANN u. WHITNEY).

8.2.3.1. Einnahme von Sedativa (Angabe und gefunden: n=7, verneint: n=18):

U-Werte:

Adrenalin-Urin: 52 - 71, Noradrenalin-Urin: 64 - 67

Adrenalin-Plasma: 56 - 63, Noradrenalin-Plasma: 56 - 63

cAMP-Plasma: 66 - 70, ACTH-Plasma: 44 - 56, Cortisol-Plasma: 40 - 54

Herzschlagfrequenz: 61 - 64

8.2.3.2. Aufnahme von Kaffee (angegeben: n = 13, verneint: n = 12)

U-Werte:

Adrenalin-Urin: 48 - 55, Noradrenalin-Urin: 53 - 68

Adrenalin-Plasma: 41⁺ - 68, Noradrenalin-Plasma: 53 - 74

cAMP-Plasma: 52 - 53, ACTH-Plasma: 64 - 76, Cortisol-Plasma: 59 - 68

Herzschlagfrequenz: 58 - 60

Keine Unterschiede der Meßwerte im Vergleich zu den übrigen Probanden.

8.3. Statistische Auswertungen zum Langstreckenmarsch der Bundeswehrsoldaten

8.3.1. Vergleich der Meßwerte vor und nach dem Langstreckenmarsch mit dem WILCOXON-Test:

<u>Parameter</u>	<u>R</u>
Adrenalin -Urin	0,0 ⁺⁺⁺
Noradrenalin-Urin	26,5 ⁺⁺⁺
Noradrenalin-Plasma	24,0 ⁺⁺⁺
cAMP -Plasma	0,0 ⁺⁺⁺
Cortisol -Plasma	136,0 ⁺

8.3.2. Rangkorrelationen (r_{sp}) nach SPEARMAN der Meßwertdifferenzen vor und nach dem Langstreckenmarsch

	A - U	NA - U	NA - P	cAMP-P
C - P	0,459 ⁺⁺	0,290	0,313 ⁺	-0,198
cAMP	-0,046	-0,152	0,175	
NA - P	0,142	0,179		
NA - U	0,801 ⁺⁺⁺			

8.4. Statistische Auswertungen zur Untersuchung der Arbeiter des Stahlröhrenwerks ohne und mit Gehörschutz

8.4.1. Varianzanalytische Prüfung auf Unterschiede im Verlauf mit dem FRIEDMAN-Test für verbundene Stichproben und multiplen Vergleichen nach WILCOXON u. WILCOX:

Adrenalin im Urin (2 Ausgangs-, 4 Belastungswerte mit u. ohne Gehörschutz):
 $\hat{\chi}^2_{KR} = 41,4^{+++}$; kritische Differenzen: Die Ausgangswerte liegen an beiden Versuchstagen unter den Belastungswerten in Schichtmitte und am Schichtende ($39^{++} - 65^+$). Zwischen den entsprechenden Werten an beiden Versuchstagen bestehen keine Unterschiede.

Noradrenalin im Urin (2 Ausgangs-, 4 Belast.-werte mit u. ohne Gehörschutz):
 $\hat{\chi}^2_{KR} = 11,1$; kritische Differenzen: Die korrespondierenden Werte in Schichtmitte liegen am Tag ohne Gehörschutz höher als am Tag mit (38^+), keine weiteren Unterschiede zwischen den einzelnen Phasen.

cAMP im Plasma (2 Ausgangs-, 8 Belastungswerte mit u. ohne Gehörschutz):

$\hat{\chi}_R^2 = 10,8$; kritische Differenzen: keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Phasen.

ACTH im Plasma (2 Ausgangs-, 8 Belastungswerte mit und ohne Gehörschutz):

$\hat{\chi}_R^2 = 41,6^{+++}$; kritische Differenzen: keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Phasen.

Cortisol im Plasma (2 Ausgangs-, 8 Bel.-werte mit u. ohne Gehörschutz):

$\hat{\chi}_R^2 = 93,1^{+++}$; kritische Differenzen: Die Ausgangswerte am Morgen sind an beiden Tagen höher als die folgenden Belastungswerte ($56^{++} - 153^{+++}$).

8.4.2. Rangkorrelationen nach SPEARMAN (r_{Sp}) zwischen den Mittelwerten der einzelnen Parameter der Probanden im Verlauf

	A - U	NA - U	cAMP - U	ACTH . P
C - P	-0,168 (-0,074)	-0,112 (-0,176)	0,261 (0,217)	0,113 (0,272)
ACTH-P	0,180 (0,193)	-0,407 ⁺ (-0,328)	0,279 (0,089)	
cAMP-P	-0,132 (-0,251)	0,131 (0,075)		
NA - U	0,257 (0,418 ⁺⁺)			

(Werte für den Versuchstag mit Gehörschützern in Klammern)

8.4.3. Untersuchungen auf andere Einflußfaktoren

8.4.3.1. Vergleich der Parameter unter Schalldruckpegeln ≤ 100 dB(A) ($n = 27$) und > 100 dB(A) ($n = 6$) am Tag ohne Gehörschutz mit dem U-Test nach WILCOXON, MANN u. WHITNEY:

Adrenalin im Urin (1 Ausgangswert, 2 Belastungswerte):

U = 46 - 76; keine Unterschiede.

Noradrenalin im Urin (1 Ausgangswert, 2 Belastungswerte):

U = 20 - 66; die Ausgangswerte der stärker exponierten Gruppe sind höher als die der übrigen Probanden.

cAMP im Plasma (1 Ausgangswert, 4 Belastungswerte):

U = 37⁺ - 73; der 1. Belastungswert der stärker lärmexponierten Gruppe ist höher als der der weniger stark exponierten.

ACTH im Plasma (1 Ausgangswert, 4 Belastungswerte):

U = 52 - 80; keine Unterschiede.

Cortisol im Plasma (1 Ausgangswert, 4 Belastungswerte):

U = 50 - 61; keine Unterschiede.

8.4.3.2. Vergleich von Gruppen unterschiedlichen Alters mit dem H-Test nach KRUSKAL u. WALLIS:

- Gruppen: 1. 19 - 28 (n = 10)
2. 29 - 38 (n = 5)
3. 38 - 55 (n = 18)

Adrenalin im Urin (2 Ruhe-, 4 Belastungswerte):

H = 0,5 - 2,4; keine Unterschiede.

Noradrenalin im Urin (2 Ruhe-, 4 Belastungswerte):

H = 1,5 - 5,5; keine Unterschiede.

cAMP im Plasma (2 Ausgangs-, 6 Belastungswerte):

H = 1 - 5,1; keine Unterschiede.

ACTH im Plasma (2 Ausgangs-, 6 Belastungswerte):

H = 0,04 - 2,9; keine Unterschiede.

Cortisol im Plasma (2 Ausgangs-, 6 Belastungswerte):

H = 1,3 - 6,1⁺; die Cortisolspiegel der jüngeren Probanden (Gruppe 1) sind in der Phase 3 höher als die der älteren (Gruppe 3) (2,1⁺). In der Phase 7 übertreffen die Werte der 2. Gruppe die der 3. (8,1⁺⁺).

8.4.3.3. Vergleich der Ausgangswerte der Parameter in Abhängigkeit von der Entfernung der Wohnung vom Arbeitsplatz mit dem U-Test nach WILCOXON, MANN u. WHITNEY:

- Gruppen: 1. Entfernung < 10 km (n = 22)
2. Entfernung > 10 km (n = 11)

U-Werte:

Adrenalin im Urin: 63, Noradrenalin im Urin: 60

cAMP im Plasma: 113, ACTH im Plasma: 113, Cortisol im Plasma: 114

Keine Unterschiede zwischen den Gruppen.

8.4.3.4. Vergleich der Ausgangswerte in Abhängigkeit von dem benutzten Verkehrsmittel mit dem H-Test nach KRUSKAL u. WALLIS:

- Gruppen: 1. Bus (n = 14) , 2. PKW (n = 17) , 3. Fahrrad (n = 2)

H-Werte:

Adrenalin im Urin: 1,4, Noradrenalin im Urin: 0,0

cAMP im Plasma: 3,6, ACTH im Plasma 0,8, Cortisol im Plasma 4,4.

Keine Unterschiede zwischen den Gruppen.

8.4.3.5. Vergleich der Schichtsummenwerte der biochemischen Parameter in Abhängigkeit vom Zigarettenkonsum mit dem H-Test nach KRUSKAL u.

WALLIS:

- Gruppen: 1. Nichtraucher (n = 16)
2. bis 15 Zig./d (n = 16)
3. über 15 Zig./d (n = 9)

H-Werte:

Adrenalin im Urin: 0,36, Noradrenalin im Urin: 1,84
cAMP im Plasma: 7,91⁺ (Gruppe 3 > Gruppe 1: 2,6⁺⁺)
ACTH im Plasma: 1,05, Cortisol im Plasma: 1,09;
keine wesentlichen Unterschiede zwischen beiden Gruppen.

8.4.3.6. Vergleich der Schichtsummenwerte der biochemischen Parameter in Abhängigkeit vom Alkoholkonsum mit dem H-Test nach KRUSKAL u. WALLIS:

- Gruppen: 1. Abstinente (n = 3)
2. bis 2 Bier/d (n = 16)
3. über 2 Bier/d (n = 14)

H-Werte:

Adrenalin im Urin: 0,91, Noradrenalin im Urin 6,37⁺ (Gr.3 > Gr.1: 2,1⁺)
cAMP im Plasma: 0,47, ACTH im Plasma 0,78, Cortisol im Plasma: 0,05
Keine wesentlichen Unterschiede zwischen den Gruppen.

8.4.3.7. Vergleich der Meßwerte in Abhängigkeit von den geklagten Beschwerden mit dem U-Test nach WILCOXON, MANN u. WHITNEY:

Rückenschmerzen: 1. mit (n = 5), 2. ohne (n = 27)

U-Werte:

Adrenalin im Urin: 33 - 58, Noradrenalin im Urin: 13 - 58
cAMP im Plasma: 34 - 59, ACTH im Plasma: 50 - 69, Cortisol im Plasma: 24⁺ - 70;

keine wesentlichen Unterschiede zwischen den Gruppen.

Vegetative Beschwerden: 1. ja (n = 6), 2. nein (n = 27)

U-Werte:

Adrenalin im Urin: 49 - 74, Noradrenalin im Urin 32 - 70
cAMP im Plasma: 60 - 76, ACTH im Plasma 46 - 78
Cortisol im Plasma: 69 - 81;

keine Unterschiede zwischen den Gruppen.

8.5. Statistische Auswertungen zur Untersuchung der Bandarbeiterinnen

8.5.1. Varianzanalytische Prüfung auf Unterschiede im Verlauf mit dem FRIEDMAN-Test für verbundene Stichproben und multiplen Vergleichen nach WILCOXON u. WILCOX

Adrenalin im Urin (2 Ausgangs-, 4 Belastungswerte an 2 Untersuchungstagen mit und ohne Blutentnahmen):

Kontinuierliches Band: $\hat{\chi}_R^2 = 20,6^{++}$; kritische Differenzen: alle Werte des 1. Tages sind höher als die des 2. ($28^+ - 33^+$).

Stopperband: $\hat{\chi}_R^2 = 24,8^{+++}$; kritische Differenzen: alle Werte des 1. Tages sind höher als die des 2. ($47^{++} - 50^{++}$).

Noradrenalin im Urin (2 Ausgangs-, 4 Belastungswerte an 2 Untersuchungstagen mit und ohne Blutentnahmen):

Kontinuierliches Band: $\hat{\chi}_R^2 = 16,9^{++}$; kritische Differenzen: keine Unterschiede im Verlauf und zwischen den Untersuchungstagen.

Stopperband: $\hat{\chi}_R^2 = 8,0$; kritische Differenzen: keine Unterschiede im Verlauf und zwischen den Untersuchungstagen.

cAMP im Plasma (1 Ausgangswert, 2 Belastungswerte):

Kontinuierliches Band: $\hat{\chi}_R^2 = 4,8$; kritische Differenzen: keine Unterschiede.

Stopperband: $\hat{\chi}_R^2 = 4,8$; kritische Differenzen: keine Unterschiede.

ACTH im Plasma (1 Ausgangswert, 2 Belastungswerte):

Kontinuierliches Band: $\hat{\chi}_R^2 = 2,1$; kritische Differenzen: keine Unterschiede.

Stopperband: $\hat{\chi}_R^2 = 1,9$; kritische Differenzen: keine Unterschiede.

Cortisol im Plasma (1 Ausgangswert, 2 Belastungswerte):

Kontinuierliches Band: $\hat{\chi}_R^2 = 4,5$; kritische Differenzen: keine Unterschiede.

Stopperband: $\hat{\chi}_R^2 = 13,4^{+++}$; kritische Differenzen: Der Ausgangswert ist höher als die Belastungswerte ($19^{++} - 20^{++}$).

8.5.2. Prüfung auf Unterschiede zwischen beiden Bandarten in den korrespondierenden Phasen mit dem U-Test nach WILCOXON, MANN u. WHITNEY:

U-Werte:

Phase	mit			ohne Blutentnahme		
	1	2	3	4	5	6
Parameter						
Adrenalin-U.	141	144	136	112	102	130
Noradrenalin-U.	108	117	120	109	111	122
Adrenalin-Pl.	123	130	162	-	-	-
Noradrenalin-Pl.	119	144	133	-	-	-
cAMP-Pl.	129	140	150	-	-	-
ACTH-Pl.	112	136	104	-	-	-
Cortisol-Pl.	94	69 ⁺⁺	83 ⁺	-	-	-

Keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Bandarten; nur die Cortisol-Werte sind in Schichtmitte und bei Schichtende am Stopperband höher als am kontinuierlichen Band.

8.5.3. Untersuchungen auf Abhängigkeiten von der subjektiven Beanspruchung

8.5.3.1. Subjektive Beanspruchung durch die Arbeit, Vergleich der Untergruppen mit dem H-Test nach KRUSKAL u. WALLIS:

Gruppen:

1. leicht (n = 1)
2. anstrengend (n = 30)
3. schwer (n = 2)
4. sehr schwer (n = 2)

H-Werte:

Adrenalin im Urin: 1,2 - 4,5, Noradrenalin im Urin: 2,2 - 6,9

cAMP im Plasma: 1,9 - 4,5, ACTH im Plasma: 1,2 - 4,9

Cortisol im Plasma: 5,1 - 5,8.

Keine Unterschiede in Abhängigkeit von der subjektiven Beanspruchung.

8.5.3.2. Subjektive Beanspruchung durch Familie, Haushalt und Freizeit;

Vergleich der Untergruppen mit dem H-Test nach KRUSKAL u. WALLIS:

- Gruppen: 1. sehr leicht ($n = 2$), 2. leicht ($n = 13$)
3. anstrengend ($n = 12$), 4. schwer ($n = 6$)
5. sehr schwer ($n = 2$)

H-Werte:

Adrenalin im Urin: $3,7 - 6,2$, Noradrenalin im Urin: $3,3 - 10,5^+$

cAMP im Plasma: $2,0 - 4,5$, ACTH im Plasma: $1,7 - 3,2$

Cortisol im Plasma: $1,6 - 4,8$.

Die Noradrenalin-Konzentrationen in der Gruppe 2 sind bei Schichtanfang höher als in der Gruppe 3 ($2,5^+$) und in Schichtmitte höher als in Gruppe 5 ($2,0^+$).

8.5.4. Untersuchungen auf andere Einflußfaktoren

8.5.4.1. Vergleich der Altersgruppen in allen Phasen mit dem U-Test nach WILCOXON, MANN u. WHITNEY:

- Gruppen: 1. 18 - 29 ($n = 27$) Jahre
2. 30 - 42 ($n = 8$) Jahre

U-Werte:

Adrenalin im Urin: $U = 47^+ - 97$; höhere Adrenalin-Ausscheidung bei den älteren Probanden in Schichtmitte des 2. Versuchstages

Noradrenalin im Urin: $U = 47^+ - 89$; höhere Noradrenalin-Ausscheidung bei den älteren Probanden zu Beginn und in Schichtmitte des 2. Versuchstages

cAMP im Plasma: $U = 57^+ - 98$; niedrigere cAMP-Spiegel zu Beginn des 1. Versuchstages bei den älteren Probanden

ACTH im Plasma: $U = 88 - 103$; keine Unterschiede

Cortisol im Plasma: $U = 88 - 94$; keine Unterschiede

8.5.4.2. Vergleich der Parameter in 3 Gruppen mit unterschiedlich langer Betriebszugehörigkeit in allen Phasen mit dem H-Test nach KRUSKAL u. WALLIS:

- Gruppen: 1. $<0,5$ ($n = 4$) 2. $0,5 - 3$ ($n = 15$) 3. $3 - 10$ ($n = 16$)

H-Werte:

Adrenalin im Urin: $0,7 - 4,2$, Noradrenalin im Urin: $0,5 - 3,6$

cAMP im Plasma: $0,4 - 1,3$, ACTH im Plasma: $1,6 - 5,0$

Cortisol im Plasma: $0,2 - 2,0$

keine Unterschiede zwischen den Gruppen.

8.5.4.3. Vergleich der Parameter in der Gruppe der Raucher und Nichtraucher für beide Bandarten getrennt und gemeinsam mit dem U-Test nach WILCOXON, MANN u. WHITNEY:

	Stopper	kontin.	beide
<u>Nichtraucher/Raucher</u>	<u>12/ 7</u>	<u>7/ 9</u>	<u>19/ 16</u>
Adrenalin im Urin	27 - 37	9 ⁺ - 28	77 ⁺ - 146
Noradrenalin im Urin	29 - 37	5 ⁺ - 19	107 - 137
cAMP im Plasma	26 - 41	23 - 30	126 - 135
ACTH im Plasma	33 - 36	27 - 31	128 - 151
Cortisol im Plasma	21 - 37	19 - 30	123 - 140

Nur vereinzelt höhere Adrenalin- und Noradrenalin-Ausscheidungen mit dem Urin bei Rauchern. Keine einheitlichen Trends in den Teilkollektiven.

8.5.5. Rangkorrelationen (r_{Sp}) nach SPEARMAN zwischen den Mittelwerten der Parameter der Probanden

	A - U	NA - U	A - P	NA - P	cAMP-P	ACTH-P
C - P	-0,276	-0,198	0,080	0,058	-0,019	-0,196
ACTH-P	-0,009	0,343 ⁺	0,149	0,221	0,018	
cAMP-P	0,279	0,011	0,540 ⁺⁺⁺	0,534 ⁺⁺⁺		
NA - P	0,109	0,198	0,914 ⁺⁺⁺			
A - P	0,182	0,107				
NA - U	0,377 ⁺					

8.5.6. Korrelationen zwischen einzelnen biochemischen Parametern und der Wegezeit zum Arbeitsplatz:

Noradrenalin im Urin: $r = 0,34^+$

Adrenalin im Urin: $r = 0,03$

Cortisol im Plasma: $r = -0,37^+$

8.6. Statistische Auswertungen zur Untersuchung der Wechselschicht- und Tagarbeiter

8.6.1. Varianzanalytische Prüfung auf Unterschiede im Verlauf bei den Wechselschichtarbeitern in der Früh (F)- und Nacht (N)-schicht und den Tagarbeitern (T) mit dem FRIEDMAN-Test und den multiplen Vergleichen nach WILCOXON u. WILCOX (je 1 Ausgangs- und 2 Belastungswerte):

Adrenalin im Urin:

- N: $\hat{\chi}_R^2 = 5,4$; kritische Differenzen: keine Unterschiede.
F: $\hat{\chi}_R^2 = 5,6$; kritische Differenzen: keine Unterschiede.
T: $\hat{\chi}_R^2 = 5,7$; kritische Differenzen: Ausgangswert kleiner als Belastungswert in Schichtmitte (14^+).

Noradrenalin im Urin:

- N: $\hat{\chi}_R^2 = 2,6$; kritische Differenzen: keine Unterschiede.
F: $\hat{\chi}_R^2 = 5,8$; kritische Differenzen: Ausgangswert größer als Belastungswert in Schichtmitte (9^+).
T: $\hat{\chi}_R^2 = 15,3^+$; kritische Differenzen: Ausgangswert kleiner als Belastungswerte in Schichtmitte und am Schichtende (21^{++} bzw. 17^{++}).

Adrenalin im Plasma:

- N: $\hat{\chi}_R^2 = 5,4$; kritische Differenzen: keine Unterschiede.
F: $\hat{\chi}_R^2 = 3,7$; kritische Differenzen: keine Unterschiede.
T: $\hat{\chi}_R^2 = 1,8$; kritische Differenzen: keine Unterschiede.

Noradrenalin im Plasma:

- N: $\hat{\chi}_R^2 = 7,1^+$; kritische Differenzen: Ausgangswert kleiner als Belastungswert am Schichtende (10^+).
F: $\hat{\chi}_R^2 = 3,7$; kritische Differenzen: keine Unterschiede.
T: $\hat{\chi}_R^2 = 0,1$; kritische Differenzen: keine Unterschiede.

cAMP im Plasma:

- N: $\hat{\chi}_R^2 = 9,2^{++}$; kritische Differenzen: Ausgangswert größer als Belastungswerte (11^+ bzw. 9^+).
- F: $\hat{\chi}_R^2 = 8^+$; kritische Differenzen: Belastungswert in Schichtmitte größer als am Schichtende (10^+).
- T: $\hat{\chi}_R^2 = 10^{++}$; kritische Differenzen: Ausgangswert größer als Belastungswert am Schichtende (15^{++}).

ACTH im Plasma:

- N: $\hat{\chi}_R^2 = 5,4$; kritische Differenzen: keine Unterschiede.
- F: $\hat{\chi}_R^2 = 4,6$; kritische Differenzen: keine Unterschiede.
- T: $\hat{\chi}_R^2 = 10,2^{++}$; kritische Differenzen: Ausgangswert größer als Belastungswert am Schichtende (18^{++}).

Cortisol im Plasma:

- N: $\hat{\chi}_R^2 = 1,9$; kritische Differenzen: keine Unterschiede.
- F: $\hat{\chi}_R^2 = 4,5$; kritische Differenzen: keine Unterschiede.
- T: $\hat{\chi}_R^2 = 25^{+++}$; kritische Differenzen: Ausgangswert größer als beide Belastungswerte, Belastungswert in Schichtmitte größer als am Schichtende ($13,5^+ - 28^{+++}$).

8.6.2. Rangkorrelationen nach SPEARMAN (r_{Sp}) zwischen den Mittelwerten der einzelnen Parameter der Probanden aus der Früh- und Tagschicht

	A - U	NA - U	A - P	NA - P	cAMP-P	ACTH-P
C - P	0,08	0,09	0,00	-0,19	0,42 ⁺	0,18
ACTH-P	-0,04	-0,15	0,25	0,09	0,30	
cAMP-P	-0,17	-0,12	0,16	0,53 ⁺⁺		
NA - P	-0,27	0,10	0,60 ⁺⁺			
A - P	-0,05	-0,20				
NA - U	0,75 ⁺⁺⁺					

8.6.3. Vergleich der Meßwerte von Nacht (N)-, Früh (F)- und Tag (T)-
schicht in allen Phasen mit dem WILCOXON-Test bzw. dem U-Test
nach WILCOXON, MANN u. WHITNEY:

		Nacht/Früh	Nacht/Tag	Früh/Tag
Phase	Parameter	R	U	U
1	Adrenalin-U.	11	52	54
2		9	45	55
3		11	44	35
1	Noradrenalin-U.	12	12 ⁺⁺ (N > T)	16 ⁺⁺ (F > T)
2		4	41	26 ⁺ (F > T)
3		12	37	33
1	Adrenalin-Pl.	5	40	41
2		1 ⁺ (N < F)	18	47
3		5	49	51
1	Noradrenalin-Pl.	2 ⁺ (N < F)	29	41
2		1 ⁺ (N < F)	23 ⁺ (N < T)	50
3		13	36	48
1	cAMP-Pl.	10	22 ⁺ (N < T)	19 ⁺ (F < T)
2		10	12 ⁺⁺ (N < T)	22 ⁺ (F < T)
3		4	20 ⁺ (N < T)	12 ⁺ (F < T)
1	ACTH-Pl.	1 ⁺ (N < F)	15 ⁺⁺ (N < T)	38
2		2 ⁺ (N < F)	20 ⁺ (N < T)	56
3		11	39	44
1	Cortisol-Pl.	12	15 ⁺⁺ (N < T)	9 ⁺⁺ (F < T)
2		0 ⁺ (N < F)	19 ⁺ (N < T)	37
3		17	46	19 ⁺ (F < T)

8.6.4. Untersuchung auf Abhängigkeiten von der subjektiven Beanspruchung

8.6.4.1. Subjektive Beanspruchung durch die Arbeit, Vergleich der Schichtsummenwerte in den Untergruppen mit dem H-Test nach KRUSKAL u.

WALLIS:

Gruppen: 1. sehr leicht und leicht (n = 2)

2. anstrengend (n = 11)

3. schwer (n = 10)

H-Werte:

Adrenalin im Urin: 0,1, Adrenalin im Plasma: 1,6

Noradrenalin im Urin: 0,2, Noradrenalin im Plasma 3,7

cAMP im Plasma: 1,9, ACTH im Plasma: 0,1, Cortisol im Plasma 4,0

keine Unterschiede zwischen den Gruppen.

8.6.4.2. Subjektive Beanspruchung durch Familie, Haushalt und Hobbies,

Vergleich der Untergruppen mit dem U-Test nach WILCOXON, MANN

u. WHITNEY:

Gruppen: 1. sehr leicht und leicht (n = 19)

2. anstrengend (n = 4)

U-Werte:

Adrenalin im Urin: 24, Adrenalin im Plasma: 24

Noradrenalin im Urin: 27, Noradrenalin im Plasma: 36

cAMP im Plasma: 33, ACTH im Plasma: 25, Cortisol im Plasma: 21;

keine Unterschiede zwischen den Gruppen.

8.6.5. Untersuchung auf andere Einflußfaktoren

8.6.5.1. Vergleich der Schichtsummenwerte der biochemischen Parameter in

3 Altersgruppen mit dem H-Test nach KRUSKAL u. WALLIS:

Gruppen: 1. 20 - 35 (n = 6), 2. 35 - 45 (n = 13), 3. 45 - 61 (n=4)

H-Werte:

Adrenalin im Urin: 0,4, Adrenalin im Plasma: 0,2

Noradrenalin im Urin: 1,4, Noradrenalin im Plasma: 0,6

cAMP im Plasma: 0,4, ACTH im Plasma: 3,0, Cortisol im Plasma: 3,9;

keine Unterschiede zwischen den Gruppen.

8.6.5.2. Vergleich der Schichtsummenwerte der biochemischen Parameter in 3 Gruppen mit unterschiedlicher Betriebszugehörigkeit mit dem H-Test nach KRUSKAL u. WALLIS:

Gruppen: 1. 0,5 - 4 (n = 6), 2. 8 - 12 (n = 7), 3. 12 - 20 (n=10)

H-Werte:

Adrenalin im Urin: 0,9, Adrenalin im Plasma: 2,0

Noradrenalin im Urin: 0,2, Noradrenalin im Plasma: 1,8

cAMP im Plasma: 4,2, ACTH im Plasma: 1,4, Cortisol im Plasma: 4,7;

keine Unterschiede zwischen den Gruppen.

8.6.5.3. Vergleich der Schichtsummenwerte der biochemischen Parameter in 2 Gruppen mit unterschiedlicher Dauer der Schichtarbeit mit dem U-Test nach WILCOXON, MANN u. WHITNEY:

Gruppen: 1. 0,5 - 4 (n = 5) 2. 9 - 18 (n = 2)

U-Werte:

Adrenalin im Urin: 0⁺, Adrenalin im Plasma: 3

Noradrenalin im Urin: 0⁺, Noradrenalin im Plasma: 5

cAMP im Plasma: 3, ACTH im Plasma: 3, Cortisol im Plasma: 0⁺;

die Konzentrationen von Cortisol im Plasma und Adrenalin und Noradrenalin im Urin sind bei den langjährigen Schichtarbeitern höher als bei den übrigen.

8.6.5.4. Vergleich der Ausgangswerte der biochemischen Parameter in der Früh- und Tagschicht in Abhängigkeit von den Wegezeiten mit dem U-Test nach WILCOXON, MANN u. WHITNEY:

Gruppen: 1. < 30 min (n = 14), 2. >30 min (n = 9)

U-Werte:

Adrenalin im Urin: 61, Adrenalin im Plasma: 45

Noradrenalin im Urin: 55, Noradrenalin im Plasma: 63

cAMP im Plasma: 62, ACTH im Plasma: 45, Cortisol im Plasma: 51;

keine Unterschiede zwischen den Gruppen.

8.6.5.5. Vergleich der Ausgangswerte der biochemischen Parameter in Abhängigkeit von dem benutzten Verkehrsmittel mit dem U-Test nach WILCOXON, MANN u. WHITNEY:

Gruppen: 1. Bus/Bahn (n = 9) 2. Auto (n = 13)

U-Werte:

Adrenalin im Urin: 40, Adrenalin im Plasma: 56

Noradrenalin im Urin: 26⁺ (1.> 2.), Noradrenalin im Plasma: 58

cAMP im Plasma: 36, ACTH im Plasma: 58, Cortisol im Plasma: 42

8.6.5.6. Vergleich der Schichtsummenwerte der biochemischen Parameter in Abhängigkeit von der Zahl der täglich gerauchten Zigaretten mit dem H-Test nach KRUSKAL u. WALLIS:

Gruppen: 1. 0 Zig. (n = 9), 2. <15 Zig. (n = 4), 3. >15 Zig. (n=9)

H-Werte:

Adrenalin im Urin: 2,5, Adrenalin im Plasma: 3,4

Noradrenalin im Urin: 3,1, Noradrenalin im Plasma: 4,7

cAMP im Plasma: 2,0, ACTH im Plasma: 2,3, Cortisol im Plasma: 0,4;

keine Unterschiede zwischen den Gruppen.

8.6.5.7. Vergleich der Schichtsummenwerte der biochemischen Parameter in Abhängigkeit von der täglich getrunkenen Biermenge mit dem H-Test nach KRUSKAL u. WALLIS:

Gruppen: 1. 0 Bier (n = 4), 2. <2 Bier (n = 5), 3. >2 Bier (n = 14)

H-Werte:

Adrenalin im Urin: 3,1, Adrenalin im Plasma: 1,5

Noradrenalin im Urin: 4,5, Noradrenalin im Plasma: 2,7

cAMP im Plasma: 0,1, ACTH im Plasma: 0,6, Cortisol im Plasma: 0,1;

keine Unterschiede zwischen den Gruppen.

8.6.5.8. Vergleich der Schichtsummenwerte der biochemischen Parameter in Abhängigkeit von der täglich getrunkenen Menge Kaffee mit dem U-Test nach WILCOXON, MANN u. WHITNEY:

Gruppen: 1. <2 Tassen (n = 18), 2. >2 Tassen (n = 5)

H-Werte:

Adrenalin im Urin: 40, Adrenalin im Plasma: 85

Noradrenalin im Urin: 31, Noradrenalin im Plasma: 16⁺ (2.> 1.)

cAMP im Plasma: 39, ACTH im Plasma: 44, Cortisol im Plasma: 41;

keine wesentlichen Unterschiede zwischen den Gruppen.

II. Fragebogen

Versuchspersonen-Nummer

Alter: Jahre

Beschäftigungsdauer Jahre
bei der Fa.

davon in Wechselschicht Jahre

Sehr geehrter Versuchsteilnehmer,

Bitte beantworten Sie wahrheitsgemäß die nachstehenden Fragen. Sie sind für die Auswertung der Untersuchungsergebnisse unerlässlich. Ihre Angaben unterliegen selbstverständlich der ärztlichen Schweigepflicht und werden dem Betrieb nicht zugänglich gemacht.

1. Wie erreichen Sie die Firma?

- | | |
|---------------------|--------------------|
| a) zu Fuß | b) mit dem Fahrrad |
| c) mit dem Bus | d) mit der Bahn |
| e) mit eigenem Auto | |

2. Wie lange brauchen Sie für den Weg zur Arbeit?

..... Stunden

3. Wieviele Tassen Kaffee oder Tee trinken Sie täglich?

INSTITUT FÜR ARBEITS- UND SOZIAL-MEDIZIN
UND POLIKLINIK FÜR BERUFSKRANKHEITEN
DER UNIVERSITÄT ERLANGEN-NÜRNBERG

DIREKTOR: PROFESSOR DR. H. VALENTIN

8520 ERLANGEN
Schillerstraße 25/29
Telefon (091 31) 2 37 84 u. 85 23 12

4. Wie groß ist Ihre durchschnittliche tägliche Trinkmenge an:

- a) Bier: Halbe
- b) Wein: Viertel
- c) Schnaps: Glas (2 cl)

5. Wieviele Zigaretten rauchen Sie pro Tag:
.....

6. Welche gesundheitlichen Beschwerden haben Sie zur Zeit?
.....
.....

7. Welche Medikamente (auch Kopfschmerztabletten, Grippemittel) nehmen Sie zur Zeit ein? [~]
Name und Menge:
.....

8. Wie empfinden Sie die Belastung durch die Arbeit:
a) sehr leicht b) leicht c) anstrengend
d) schwer e) sehr schwer

9. Wie beurteilen Sie die Belastung durch Familie, Hobbies und andere außerberufliche Tätigkeiten?
a) sehr leicht b) leicht c) anstrengend
d) schwer e) sehr schwer

Bitte geben Sie diesen Fragebogen sorgfältig ausgefüllt am Untersuchungstag bei mir ab.

Mit vielem Dank für Ihre Bemühungen

Dr. med. R. Schiele

Weitere Veröffentlichungen aus der Reihe Forschungsberichte

- F 103: M. Sälzer, H. J. Schreiber, W. Rohmert:
Tremor und Arbeitssicherheit – Eine Dokumentation und Systematisierung der Literatur
197 Seiten DM 19,50
- F 112: K. Th. Kalveram, F. Merz, V. Riegels:
Einfluß von Pausen auf die Leistung bei Steuertätigkeiten
68 Seiten DM 9,50
- F 116: W. Rohmert, G. U. Becker-Biskaborn:
Ergonomische Prüfliste für den Arbeitsschutz – mit Literaturanhang –
208 Seiten DM 21,—
- F 117: R. Peterreins:
Sicherheitstechnische Untersuchungen über Möglichkeiten zum Verbessern der Arbeitssicherheit in Walzwerken
176 Seiten DM 19,—
- F 120: G. R. Vollmer:
Risikoverhalten im innerbetrieblichen Transportsystem Kranführer – Kran
176 Seiten DM 19,—
- F 123: E. Wende, F. Eggeling:
Schwerpunkte der Berufskrankheiten in der Bundesrepublik Deutschland
336 Seiten DM 26,80
- F 127: H. Arnold, A. Stech, W. Drabeck:
Prüfung von Schutznetzen durch Fallversuche
120 Seiten DM 16,50
- F 128: H. J. Torke:
Methodik der fotooptischen Analyse von Arbeitsabläufen in der Unfallverhütung
120 Seiten DM 16,25
- F 140: K. H. Diekershoff, G. Kliemt, S. Diekershoff:
Die Rolle des Sicherheitsingenieurs im System der betrieblichen Arbeitssicherheit
320 Seiten DM 27,—
- F 141: J. Rutenfranz, E. Werner:
Schichtarbeit bei kontinuierlicher Produktion Arbeitssoziologische, sozialpsychologische und arbeitsmedizinische Aspekte
434 Seiten DM 35,—
- F 142: G. U. Becker-Biskaborn:
Ergonomische Erkenntnissammlung für den Arbeitsschutz mit Informationssystem
Band I, 196 Seiten + 5 Falttafeln DM 25,—
Band II, 280 Seiten DM 25,—
- F 145: W. Radl, H. Burger, E. Kvasnicka, E. Schaaf, G. Thau:
Psychische Beanspruchung und Arbeitsunfall
325 Seiten DM 29,—
- F 146: W. Dicke:
Möglichkeiten zum Schutz vor gefährlichen beweglichen Teilen an Stetigförderern
76 Seiten DM 12,50
- F 147: X. Bonefeld, M. Macheleidt:
Arbeitssicherheit beim Einsatz von Gabelstaplern
98 Seiten DM 15,50

Zu beziehen durch:



Postfach 10 11 10
Bürgerm.-Smidt-Straße 74–76
2850 Bremerhaven 1
Telefon (04 71) 4 60 93–95

Weitere Veröffentlichungen aus der Reihe Forschungsberichte

- F 148: A. Franke, S. Jokl:
Die volkswirtschaftlichen Kosten der Arbeitsunfälle
352 Seiten DM 32,50
- F 149: A. Franke, S. Jokl:
Prognose der volkswirtschaftlichen Kosten der Arbeitsunfälle
68 Seiten DM 12,50
- F 154: W. Großeschallau, G. Pawellek:
*Bewertung von organisatorischen Zuständen im innerwerk-
lichen Transport und Verkehr*
100 Seiten DM 15,50
- F 158: M. von Pupka:
*Anforderungsgerechtes menschliches Verhalten bei Trans-
porttätigkeit – Anforderungs- und Eignungsprofile*
246 Seiten DM 28,—
- F 162: K. Refflinghaus:
*Innerbetrieblicher Transport und Verkehr
– Bilanz von Forschungsergebnissen –*
328 Seiten DM 35,—
- F 166: F. Gau, W. D. Dobbenecker:
Unfälle beim Ankuppeln und Rückwärtsfahren von Lastwagen
42 Seiten DM 9,50
- F 175: P. Müller-Seitz:
Industrielle Schichtarbeit in betriebswirtschaftlicher Sicht
286 Seiten DM 29,50
- F 179: G. Pawellek, W. Heinz:
Organisation und Arbeitssicherheit bei Transportvorgängen
112 Seiten DM 18,—
- F 188: J.-H. Kirchner, R. Uckermann:
*Ergonomische Merkmale für Gestaltung und Einsatz von
Gabelstaplern*
256 Seiten DM 28,—
- F 189: F. Burkhardt, H.-J. Küssner, A. Platte:
*Arbeitsgestaltung oder Personalauswahl – Arbeitsbedin-
gungen bei Fahr-, Steuer- und Überwachungstätigkeiten*
80 Seiten DM 14,25
- F 191: H. Schmidtke, H.-P. Rühmann:
Ergonomische Gestaltung von Steuerständen
168 Seiten DM 20,50
- F 193: R. Uckermann, J.-H. Kirchner:
*Möglichkeiten der Verhinderung von Unfällen beim Rangieren
von Schienenfahrzeugen*
280 Seiten DM 29,—
- F 194: B. Zimolong, J.-H. Kirchner, U. Obermeier,
R. Uckermann:
Gefährdungseinschätzung beim Rangieren
64 Seiten DM 13,50
- F 200: H. Schnauber, M. Raab:
*Erhöhung der Arbeitssicherheit durch den Einsatz von Mani-
pulatoren*
304 Seiten DM 29,50

Zu beziehen durch:



Postfach 10 11 10
Bürgerm.-Smidt-Straße 74–76
2850 Bremerhaven 1
Telefon (04 71) 4 60 93–95

Weitere Veröffentlichungen aus der Reihe Forschungsberichte

- F 206: X. Bonefeld, U. Kröger, M. Macheleidt, J. Meudt,
K. Refflinghaus, O. E. Schröder, R. Skiba:
Arbeitssicherheit in der Stahlindustrie (I)
*Elektro-Stahlöfen, Krantransport, Gesenkschmiede, Ver-
gütere*
196 Seiten DM 23,—
- F 207: X. Bonefeld, W. Dicke, H. H. Kamps, W. Lange,
M. Macheleidt, U. Rademacher:
Arbeitssicherheit in der Stahlindustrie (II)
Putzerei, Kaltwalzwerk, Zieherei, Dreherei
224 Seiten DM 25,—
- F 215: H.-H. Kamps:
*Erhöhung der Arbeitssicherheit beim Lagern von Coils und
Bandstahlringen*
83 Seiten DM 14,50
- F 216: E. Werner, M. Bau, R. Frielingsdorf, H. Romahn,
R. Romahn:
Arbeitszeit und Unfallgeschehen
192 Seiten DM 22,—
- F 217: J.-H. Kirchner, H. Schröder, S. Tietz, R. Uckermann,
M. Nippert:
*Ergonomische und sicherheitstechnische Gestaltung von
Gabelstaplern*
320 Seiten DM 29,50
- F 224: H.-G. Koch:
*Soziale und organisatorische Einflüsse auf das Unfallge-
schehen bei Transporttätigkeiten am Beispiel von Walz-
werks- und Rohrwerksadjustagen*
370 Seiten, 4 Farbtafeln und Faltblätter DM 39,—
- F 237: B. Schaab:
*Die betrieblichen Aufgabenbereiche der Fachkräfte für
Arbeitssicherheit*
186 Seiten DM 22,—
- F 247: R. Jünemann, G. Pawellek:
Organisation und Arbeitssicherheit bei Transportvorgängen
208 Seiten DM 24,—
- F 248: F. Eggeling:
Berufskrankheitenrisiken
336 Seiten DM 33,—
- F 251: R. Müller:
*Arbeitsunfähigkeiten, Berufskrankheiten und Mobilität in Be-
rufen*
228 Seiten DM 26,—
- F 252: R. Müller:
Arbeitssituation und gesundheitliche Lage von Schweißern
108 Seiten DM 16,75
- F 253: R. Müller:
Arbeits- und Gesundheitssituation von Transportarbeitern
96 Seiten, mit mehreren Falttafeln DM 21,—
- F 255: H. Rehhahn:
Arbeitsteilung im Arbeitsschutz
96 Seiten DM 15,—
- F 259: *Innerbetriebliche Verkehrsregelungen*
344 Seiten, mehrere farbige Falttafeln, 149 Abb. DM 44,—

Zu beziehen durch:



Postfach 10 11 10
Bürgerm.-Smidt-Straße 74-76
2850 Bremerhaven 1
Telefon (04 71) 4 60 93-95

Weitere Veröffentlichungen aus der Reihe Forschungsberichte

- F 278: B. Bartsch, H. Reiners, R. Schürmann:
Konzeptionsstudie zu Arbeitsbedingungen in Straßenverkehrsberufen
180 Seiten DM 23,50
- F 279: P. Müller-Seitz:
Schichtarbeit und Wirtschaftlichkeit
466 Seiten DM 48,—
- F 304: H. Schnauber, M. Raab, P. Weigelt:
Fallstudie Manipulatoren
60 Seiten DM 14,—
- F 307: G. Krause:
Transportgefährlicher Güter – Gewerberecht – Verkehrsrecht
248 Seiten DM 28,50
- F 310: S. Tietz:
Entwicklung eines ergonomiegerechten Hemmschuhs zur Verbesserung der Handhabung und der Arbeitssicherheit beim Abbremsen von Eisenbahnwagen mit Hemmschuhen
182 Seiten DM 26,—
- F 323: K. P. Knabe:
Bilanzierung der ergonomischen Erkenntnisse über die Arbeit am Bildschirmarbeitsplatz
384 Seiten DM 42,50
- F 326: J. Bocklenberg, E. Griegeskorte, A. Wenn, J. Maskos:
Technische Einrichtungen zur Sicherung von Einzelarbeitsplätzen
104 Seiten DM 19,50
- F 327: P. Ochs:
Analyse und Bewertung ausgewählter sozialwissenschaftlicher Forschung
108 Seiten DM 20,25
- F 328: St. Jokl:
Die volkswirtschaftlichen Kosten der Arbeitsunfälle 1980–1985
76 Seiten DM 15,50
- F 331: K. P. Fährnich, P. Kern, J. J. Solf:
Ergonomische Kenngrößen für Umfassungsgreifarten
194 Seiten DM 25,50
- F 335: J. Korchmann:
Gerät zur Ermittlung der ergonomisch notwendigen Beleuchtung am Arbeitsplatz
136 Seiten DM 22,50
- F 337: U. Kern, H.-F. Lingemann, H. Schnauber:
Ergonomische Gestaltung von Zangen für die Arbeit in Gensenschmieden
72 Seiten DM 15,—

Zu beziehen durch:



Postfach 10 11 10
Bürgerm.-Smidt-Straße 74–76
2850 Bremerhaven 1
Telefon (04 71) 4 60 93–95

ISBN 3-88314-259-X